

Werken aan de robotsamenleving

Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid

Rinie van Est & Linda Kool (red.)

Rathenau Instituut

Het Rathenau Instituut stimuleert de publieke en politieke meningsvorming over wetenschap en technologie. Daartoe doet het instituut onderzoek naar de organisatie en ontwikkeling van het wetenschapssysteem, publiceert het over maatschappelijke effecten van nieuwe technologieën, en organiseert het debatten over vraagstukken en dilemma's op het gebied van wetenschap en technologie.

Werken aan de robotsamenleving

Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid

Rathenau Instituut
Anna van Saksenlaan 51

Postadres:
Postbus 95366
2509 CJ Den Haag

Telefoon: 070-342 15 42
E-mail: info@rathenau.nl
Website: www.rathenau.nl

Uitgever: Rathenau Instituut
Bewerking interviewverslagen: Christine voor Taal
Redactie: Redactie Dynamiek
Opmaak: Boven de Bank, Zeist
Coverbeeld: Hollandse Hoogte
Infographics: Rikkers Infographics
Drukwerk: Drukkerij Groen, Hoofddorp

Dit boek is gedrukt op FSC gecertificeerd papier.

Eerste druk: juni 2015

ISBN/EAN: 978-90-77364-68-0

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald/ Preferred citation:
Est, R. van & L. Kool (red.). Werken aan de robotsamenleving: visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid, Den Haag, Rathenau Instituut 2015

Werken aan de robotsamenleving

Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid

Redactie
Rinie van Est en Linda Kool

Auteurs
Rinie van Est, Ira van Keulen, Linda Kool, Arnoud van Waes en Frans Brom
(Rathenau Instituut)
Frans van der Zee en Govert Gijsbers (TNO)
Jan Korsten, Harry Lintsen en Johan Schot (Stichting Historie der Techniek)

Bestuur Rathenau Instituut

Voorwoord

Brigitte van der Burg

In de samenleving bestaan verschillende ideeën over de effecten die technologische ontwikkelingen en globalisering op ons leven, onze banen en onze welvaart zullen hebben. Er heerst onzekerheid over de effecten van doorbraken zoals nanotechnologie, kunstmatige intelligentie, robotisering en 3D-printers. Leiden deze ontwikkelingen tot vernietiging van banen of juist tot het ontstaan van andere, en wellicht zelfs meer banen? Creëren we winnaars en verliezers op de arbeidsmarkt? Wie zijn dan de winnaars? En wie de verliezers? Of worden we er, na een aanpassingsperiode, wellicht allemaal beter van?

Wat kunnen we leren van grote perioden van technologische veranderingen in de vorige eeuwen, zoals de industriële revolutie? En wat is de rol van de politiek? Wat moet de politiek juist wel doen en wat moet diezelfde politiek juist laten? Hoe kunnen politiek en samenleving ons in staat stellen deze geboden kansen te grijpen en tegelijkertijd verstandig met de risico's om te gaan?

In de Tweede Kamer, specifiek in de Vaste Commissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid, werd de noodzaak gevoeld om meer inzicht te krijgen in de gevolgen van de technologische ontwikkelingen voor de arbeidsmarkt. Men wilde proactief met dit belangrijke onderwerp aan de slag gaan. De Tweede Kamer heeft zodoende het Rathenau Instituut gevraagd een rapportage op te stellen waaruit duidelijk wordt, wat er vanuit de wetenschap bekend is over de invloed van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt, en op de welvaart in de loop der tijd. Een dergelijke studie is belangrijk om de inzichten uit de wetenschap en de lessen uit de geschiedenis te gebruiken als basis voor het politieke debat. Zo kunnen bepaalde 'mythes' ontkracht, en blinde vlekken ingekleurd worden. Zoals op vele terreinen, heeft ook hier de nauwe band tussen wetenschap en politiek wederom zijn enorme waarde bewezen.

Met het voorliggende rapport van het Rathenau Instituut, wordt dit inzicht geboden. Het rapport geeft daarmee een gedeeld startbeeld op basis waarvan ieder vanuit zijn of haar maatschappijbeeld en politieke visie de mogelijkheden en risico's kan afwegen die technologische ontwikkelingen nu en in de toekomst kunnen opleveren voor de werkgelegenheid en de economische groei. Terugkijkend leert het rapport ons ook, dat die technologische ontwikkelingen ons vaak andere en meer banen hebben opgeleverd, en bovendien meer welvaart. Een belangrijke vraag is en blijft of dat bij de huidige technologische ontwikkelingen op dezelfde manier zal uitpakken.

Verandering is onvermijdelijk en zal elk van ons raken, of we dat nu willen of niet. Hoe we omgaan met verandering zal de mate van werkgelegenheid en welvaart van ons land in de toekomst bepalen. Daarbij kan een uitspraak van Franklin D. Roosevelt uit de vorige eeuw als leidraad dienen: "The only limit to our realization of tomorrow will be our doubts of today. Let us move forward with strong and active faith."

Brigitte van der Burg
Voorzitter Tweede Kamercommissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Voorwoord

Melanie Peters

Voordat ik in de trein naar huis stap, loop ik nog even de AH To Go binnen op Den Haag Centraal. Er staan lange rijen voor de kassa's met kassière, maar het is leeg voor de onbemande kassa's. Wat maakt het dat mensen, die vaak een trein te halen hebben, in de rij gaan staan?

Steeds vaker komen wij in ons persoonlijke of professionele leven in aanraking met robots of verdergaande automatisering. Lang leken de ontwikkelingen in de robotica en de kunstmatige intelligentie nog ver weg. We lachten om het amateuristische niveau van de toepassingen. Maar nu lijken de ontwikkelingen toch veel sneller te zijn gegaan dan we dachten. De spraakherkenning in mijn mobieltje werkt goed, een robotgrasmaaier is betaalbaar, niemand kijkt meer op van een nieuwsitem over drones en binnenkort rijdt er een zelfrijdende bus in Wageningen. Robotisering beïnvloedt meer maatschappelijke domeinen dan je op het eerste gezicht zou denken: zorg, verkeer, politie, krijgsmacht, arbeid, noem maar op.

Het Rathenau Instituut heeft veel ervaring met het onderzoeken van robotisering en informatisering. Het onderwerp staat ook in ons nieuwe Werkprogramma 2015-2016. In deze studie hebben we – in opdracht van de Tweede Kamercommissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid – op een rij gezet wat de wetenschap heeft geschreven over het effect van informatietechnologie op werkgelegenheid in het verleden, nu en in de toekomst. Opvallend is dat onder wetenschappers redelijk veel consensus is over de relatie tussen informatietechnologie en werk in het recente verleden. De consensus is echter ver te zoeken als het gaat om voorspellingen voor de toekomst.

De gemiddelde Nederlander noemt de impact van kunstmatige intelligentie op de arbeidsmarkt 'beangstigend'. Dat blijkt uit recent opinieonderzoek van Intermediair. Dat is begrijpelijk, want computers kunnen inmiddels cognitief routinewerk overnemen en dat leidt tot 'baanpolarisatie'. De vraag naar middelbaar geschoold werk is afgenomen, terwijl de vraag naar (vooral) hooggeschoold en laaggeschoold werk stijgt.

Nieuwe technologieën hebben altijd tot maatschappelijke zorgen geleid. In 1979 (dus nog voor de opkomst van de personal computer) stelde het kabinet een commissie in die de maatschappelijke gevolgen van micro-elektronica moest onderzoeken. Het rapport van deze commissie legde de basis voor een gericht industriebeleid en plaatste de informatiemaatschappij op de sociale en politieke agenda. De leiding van de commissie was in handen van Gerhart Rathenau,

voormalig directeur van Philips NatLab en lid van de WRR, dezelfde man naar wie ons instituut is vernoemd.

Gerhart Rathenau sprak van een informatiesamenleving. In zijn voetsporen stellen wij nu in dit rapport voor om de term 'robotsamenleving' te gebruiken om het debat over digitalisering en de invloed op werk verder op gang te brengen. Met dit rapport willen we een kennisbasis leggen in het komende politieke en maatschappelijke debat. Het is belangrijk dat we als Nederland nu gaan nadenken over hoe we deze samenleving willen en kunnen inrichten zodat het voor iedereen een aantrekkelijk perspectief is.

Dr. ir. Melanie Peters
Directeur Rathenau Instituut

Inhoudsopgave

Samenvatting

De afgelopen jaren is de discussie over robotisering en mogelijke effecten op de werkgelegenheid internationaal sterk opgekomen. Enerzijds zijn er zorgen over technologische werkloosheid en baanpolarisatie (uitholling van de werkgelegenheid onder gemiddeld betaalde banen). Anderen zien vooral kansen en betogen dat innovatie in het verleden steeds voor meer economische groei, welvaart en welzijn heeft gezorgd; en slimme machines zullen dat weer doen. De vaste commissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft het Rathenau Instituut gevraagd onderzoek te doen naar de wetenschappelijke stand van kennis rondom het effect van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid om zo te zorgen voor een gedeelde kennisbasis onder het maatschappelijke en politieke debat.

De vaste commissie voor SZW formuleerde als centrale vraag: welke actuele wetenschappelijke kennis bestaat er over de invloed van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid? De bijbehorende deelvragen luidden: welke relevante en actuele wetenschappelijke kennis is beschikbaar over:

1. De invloed van technologische ontwikkelingen (mechanisering, automatisering, et cetera) op de werkgelegenheid in het verleden?
2. De mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid?
3. De mogelijkheden om met beleid in te spelen op de toekomstige effecten op de werkgelegenheid, bijvoorbeeld door middel van scholing?

De relatie tussen technologische ontwikkeling en werkgelegenheid is zeer complex. Er wordt op veel verschillende deelgebieden, vanuit verschillende wetenschappelijke disciplines en verschillende aggregatieniveaus, wetenschappelijk onderzoek gedaan naar deze vragen. Dit rapport brengt de belangrijkste inzichten uit de wetenschap op hoofdlijnen zo goed mogelijk voor het voetlicht met als doel een goed en actueel geïnformeerde discussie mogelijk te maken.

Het onderzoek bestaat uit literatuuronderzoek, een media-analyse van de beleidsopties en interviews met wetenschappelijk experts. Het doel van de interviews is om a) te toetsen of relevante literatuur is opgenomen in het literatuuronderzoek en b) om de gevonden literatuur op hun wetenschappelijke waarde te kunnen schatten en beleidsopties te concretiseren. De beleidsopties geven richtingen aan waar de overheid een rol kan spelen. Verdere reflectie op en analyse van deze opties is nodig om tot concrete beleidsaanbevelingen te komen.

Verleden: lange termijn

Tweede machinetijdperk en het robotinternet

Vanuit techniekgeschiedenis wordt vaak gesproken over drie industriële revoluties: de introductie van stoom, elektriciteit en informatietechnologie (IT). In de discussie over technologie en arbeid is ook het onderscheid tussen het eerste en tweede machinetijdperk van belang. Het eerste machinetijdperk omvat de eerste en de tweede industriële revolutie. Het gaat in dit tijdperk om machines die spierkracht leveren. De derde industriële revolutie – de IT-revolutie – luidt het tweede machinetijdperk in, waarin machines ook denkkracht gaan leveren. Bij het nadenken over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid dienen we dus aandacht te hebben voor de technische kenmerken van de huidige IT-revolutie. Daarbij gaat het niet slechts om fysieke robots, maar ook technologieën als 'softbots', kunstmatige intelligentie, sensornetwerken en *data analytics*. Er is sprake van de opkomst van het *Internet of Robotic Things*, oftewel het robotinternet. Het internet wordt daardoor als het ware uitgebreid met zintuigen (sensoren) en handen en voeten (actuatoren), en dankzij machine leren en kunstmatige intelligentie wordt het internet ook 'slim'. Het beheren en analyseren van grote hoeveelheden data speelt daarbij een centrale rol. Machines uit het eerste en tweede machinetijdperk bieden mogelijkheden om respectievelijk fysieke en cognitieve arbeid van mensen over te nemen. Of die mogelijkheden al dan niet benut kunnen worden, hangt echter af van de manier waarop productie en arbeid georganiseerd worden.

Van mechanisch naar digitaal Taylorisme

De continue zoektocht naar nieuwe vormen van organiseren wordt veelal gedreven door rationalisering, oftewel het streven naar meer efficiëntie en controle, onder meer over de arbeider. In het eerste machinetijdperk werd vanaf 1910 aan de hand van het zogenaamde (mechanische) *Taylorisme* de ambachtelijke fabriek herontworpen tot 'een grote efficiënte machine'. Dit gebeurde door arbeidsprocessen op te delen in simpele taken. Dit maakte het mogelijk om sommige fysieke taken te mechaniseren en later te automatiseren. In het tweede machinetijdperk komt door de opkomst van IT vanaf 1980 ook de dienstensector in de greep van het (digitaal) *Taylorisme*. Waar mechanisch Taylorisme automatisering van fysiek werk mogelijk maakt, daar maakt digitaal Taylorisme automatisering van cognitieve arbeid mogelijk. Als gevolg is het mogelijk geworden om naast fysieke ook cognitieve taken te outsourcen, te offshoren of te automatiseren. Het denken over nieuwe en meer efficiëntere manieren van organiseren heeft vanaf 1995 door de opkomst van het internet een nieuwe impuls gekregen. Het internet versterkt de internationalisering, flexibilisering en platformisering van arbeid. We zien de opkomst van de virtuele netwerkorganisatie die de *on-demand* toegang tot betaalde en onbetaalde arbeid probeert te optimaliseren. Dit gedachtengoed ligt bijvoorbeeld ten grondslag aan de wijze waarop Uber gebruik maakt van chauffeurs.

Lessen uit het Nederlandse verleden

Nederland heeft in het verleden kunnen profiteren van de drie genoemde industriële revoluties. Dat vereiste echter een vooruitziende blik en een actief aanpassingsproces dat vaak niet zonder slag of stoot verliep. De overheid speelde steeds een belangrijke rol bij de introductie van nieuwe technologieën door het scheppen van de juiste voorwaarden. Daarbij gaat het enerzijds om het stimuleren van innovatie door te investeren in fysieke en kennisinfrastructuur (zoals kennisinstituten en scholing). Aanleg van een goed transportsysteem (kanalen, spoorwegen en verharde wegen) in de eerste helft van de negentiende eeuw legde de basis voor het gebruik van kolen en stoommachines en daardoor de groei van bijvoorbeeld de textielindustrie in Twente in de tweede helft van de negentiende eeuw. Het landelijk dekkend maken van het elektriciteitsnetwerk zorgde ervoor dat met name het MKB kon profiteren van de mogelijkheden van de tweede industriële revolutie. Anderzijds speelde de overheid een centrale rol bij het reguleren van nieuwe praktijken, het tegengaan van uitwassen en het verdelen van de welvaart. Denk bijvoorbeeld aan sociale wetgeving, zoals de Kinderwet van Van Houten uit 1874, de eerste leerplichtwet uit 1901 en de bijstandswet uit de jaren zestig.

Verleden: recent

Twee tegengestelde visies

In de discussie over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid spelen twee tegengestelde visies een rol. In de ene visie leidt innovatie tot economische groei, banengroei en een acceptabele verdeling van de welvaart. Technologische innovatie leidt zo tot hogere arbeidsproductiviteit en goedkopere producten, dat op haar beurt weer tot een hogere consumptie en dus tot een groei van de markt en meer banen en welvaart leidt. De andere visie houdt in dat verhoging van de arbeidsproductiviteit door innovatie (door arbeidsbesparende technologie) juist leidt tot minder werk, daardoor tot een lagere koopkracht en consumptie, en zo krimpende winsten en markten en een krimpende welvaart. De aannames achter de twee bovengenoemde visies leveren de volgende subvragen op: wat is er binnen de wetenschap bekend over de relatie tussen de IT-revolutie en productiviteit, tussen IT en baanverlies en -creatie, en hoe beïnvloedt IT onze welvaart?

Impact van IT op (arbeids)productiviteit

De relatie tussen economische groei en productiviteitsgroei, en de rol van IT is complex. Met de groeiende aandacht in de wetenschap voor het meten van de bijdragen van IT aan productiviteit en productiviteitsgroei, is duidelijk geworden dat IT de afgelopen twintig jaar een belangrijke bijdrage heeft geleverd aan productiviteitsgroei. Wat betreft automatisering en robotisering en hun impact op banen en economische groei is er van oudsher consensus onder economen dat technologische groei op de zeer korte termijn ten koste gaat van banen, maar dat dit binnen één tot twee jaar weer betrekkelijk snel voor

nieuwe banen zorgt. Dat gebeurt via zogenaamde tweede orde-effecten waarbij de besparingen die door productiviteitsgroei worden bewerkstelligd, weer terugvloeien in de economie. Sinds 2010 begint deze consensus af te brokkelen, niet alleen bij criticasters als Brynjolfsson & McAfee, maar ook bij bekende economen als Krugman en Summers. De afbrokkelende consensus is enerzijds gebaseerd op feiten - wetenschappelijke observaties over werkgelegenheidscreatie op korte, middellange en langere termijn – en anderzijds op veranderende perspectieven op de onderliggende economische dynamieken (zie bijvoorbeeld verschillende 'diagnoses' van huidige economische problemen van Gordon, Brynjolfsson & McAfee, Cowan, Krugman, Summers en Rifkin).

IT en baanverlies en -creatie

Sinds de jaren tachtig van de 21ᵉ eeuw heeft automatisering geleid tot baanpolarisatie: de vraag naar middelbaar geschoold werk is afgenomen, terwijl de vraag naar (vooral) hoog- en laaggeschoold werk stijgt. In vorige technologische revoluties werd vooral laaggeschoold, fysieke arbeid getroffen door mechanisering en automatisering. Nu neemt IT cognitief routinewerk over zoals administratief werk, het maken van berekeningen, boekhouden, het bewaken van processen of het beoordelen van producten. Dat is ook een gevolg van het digitaal Taylorisme: het opnieuw doordenken van arbeidsprocessen en het kunnen opknippen van werk in deeltaken die te outsourcen, offshoren of te automatiseren zijn. Ook globalisering – op haar beurt weer mogelijk gemaakt door IT – speelt dus een rol bij baanpolarisatie. Offshoring kan worden gezien als een eerste stap richting codificatie en automatisering van taken. Als je werk kunt codificeren (in regels te vangen, zoals het script van een telemarketeer in een callcenter), kun je het goed verplaatsen en automatiseren. Inmiddels wordt duidelijk dat zowel hoog- als laagopgeleid werk niet 'immuun' is voor automatisering: alle opleidingsniveaus kunnen door automatisering worden getroffen.

IT en welvaart

IT heeft verschillende effecten op verschillende beroepen en typen banen: het is vooral gunstig voor hoogopgeleiden, tamelijk neutraal voor laagopgeleiden die locatiegebonden werk verrichten en zet vooral middenklassebanen in zowel de industrie als de dienstensector onder druk. Daar waar IT offshoring mogelijk maakt, staan als gevolg van de toenemende concurrentie met lagelonenlanden de lonen onder druk. Op wereldschaal zien we een nieuwe vorm van technologiegedreven accumulatie opkomen die inmiddels in Duitsland naar aanleiding van de discussie over taxidienst Uber bekendstaat als 'platformkapitalisme'. Flexibilisering en platformisering van arbeid leidt ook tot een discussie over de impact van IT op de kwaliteit van werk en baanzekerheid. De verschillen tussen vaste banen tegen hoge(re) salarissen en tijdelijke banen tegen een lage(re) vergoeding zijn hardnekkig. In Nederland werken de meeste mensen in loondienst, maar het aantal werknemers met een flexibele contractvorm en het aantal zzp-ers neemt toe. De groep zzp'ers is veel diverser dan de groep flexwerkers in loondienst. Voor hoogopgeleide zzp'ers geldt dat

het vaak *'happy workers'* zijn: de kwaliteit van het werk ligt hoog en zij zijn vaak tevredener over hun werk. Voor lageropgeleiden en zij die gedwongen zelfstandig zijn, geldt dat veel minder. Voor zzp'ers is de werk-thuisbalans vaak een probleem, net als de onzekerheid over de toekomst, het soms lage aantal opdrachtgevers en de hoge mate van onderverzekering voor werkloosheid, arbeidsongeschiktheid en pensioenopbouw. Beide groepen flexwerkers genieten minder bescherming dan werknemers met een vast contract wat leidt tot een discussie over de vraag hoe de verschillen in bescherming tussen beide groepen (vast en flexibel) verkleind kan worden.

Prognoses voor de nabije toekomst

De tweede onderzoeksvraag is: wat zijn de mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid? De toekomst is fundamenteel ongekend aangezien die nog gemaakt moet worden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat over de toekomst verschillende visies en speculaties, bestaan. In de huidige discussie is er vooral aandacht voor de vraag in hoeverre robots en computers zullen leiden tot meer of minder banen. Die discussie is aangejaagd door de onderzoekers Frey & Osborne die voorspellen dat de komende twintig jaar bijna de helft van het huidige aantal banen in Amerika mogelijk door computers of robots zullen worden overgenomen. Voor een goed debat is het van belang om, naast IT als middel om banen te automatiseren, ook oog te hebben voor de rol van IT bij het creëren van nieuwe banen. Ook is aandacht nodig voor de economische, maatschappelijke, ethische en juridische aspecten die een rol spelen bij de wijze waarop IT arbeid beïnvloedt, de wijze waarop IT de organisatie van arbeid verandert en de invloed van IT op welvaart, of scherper gezegd, de invloed van IT op onze mogelijkheden tot inkomens- en vermogensverwerving. Deze thema's komen nog maar weinig aan bod in het publieke debat.

Aandacht daarvoor is nodig om beter zicht te krijgen op de gelaagde en diverse invloed van de IT revolutie op arbeid. IT maakt automatisering van bestaande banen mogelijk, maar heeft ook op een complexe wijze invloed op de manier waarop praktijken van arbeid en mondiale waardeketens vorm krijgen. Denk bijvoorbeeld aan de opkomst van platformen (zoals Airbnb of Uber) die door IT mogelijk zijn geworden en die kapitaal- en arbeidsbesparend zijn. IT heeft ook een mondiale, transformerende invloed: zoals de doorbraak van het internet midden jaren negentig, verlaging van kosten van internationaal zakendoen en de vorming van mondiale waardeketens. Voor de komende jaren wordt een verdere verdienstelijking van de industrie voorzien. Beleid en politiek worden uitgedaagd om op een tijdige intelligente wijze in te spelen op deze gehele IT-gerelateerde set aan ontwikkelingen. Om zicht te krijgen op handelingsperspectieven is inzicht nodig in de wijze waarop economische, maatschappelijke, ethische en juridische aspecten een rol (kunnen) spelen bij de wijze waarop de relatie tussen IT en arbeid in de nabije toekomst vorm wordt gegeven.

Beleidsopties

Robotsamenleving als wenkend perspectief

Het gevoel neemt toe dat onze technologische samenleving weer een nieuwe fase ingaat. Op dit moment worden we op allerlei wijzen geconfronteerd met nieuwe technologische mogelijkheden: van kunstmatige intelligentie en robots in de zorg tot zelfrijdende auto's, sensornetwerken, big data, 3D-printen, drones enzovoorts. Deze brede ontwikkeling wordt gevangen in termen als Internet der Dingen en *Internet of Robotic Things*. De grote vraag is nu: hoe gaan we als samenleving om met deze nieuwe fase in de IT-revolutie? De geschiedenis biedt zicht op de beantwoording van die vraag. Technologie overkomt ons namelijk niet, maar krijgt vorm in allerlei praktijken.

Het Nederlandse antwoord op de industriële revolutie destijds was de vorming van een industriële samenleving, die mogelijk werd gemaakt door de juiste technologische en kennisinfrastructuur, maar ook door allerlei sociale wetgeving. Het Nederlandse antwoord op de opkomst van de computer was de informatiesamenleving. Tijdens de economische recessie in de jaren zeventig groeide de zorg over banenverlies als gevolg van automatisering. Die zorgen waren aanleiding voor publieke discussie en nader onderzoek. De commissie Rathenau werd onder andere ingesteld om naar de maatschappelijke gevolgen van de micro-elektronica te kijken. Achteraf gezien is die periode van onrust, debat en onderzoek cruciaal geweest om bewustzijn te creëren over het maatschappelijk belang van de IT-revolutie die in een nieuwe fase was gekomen: een transitie van de 'grote' mainframe computer naar de 'kleine' personal computer. Het debat dat begon bij de vraag wat 'kleine' computers voor arbeid zouden betekenen, verbreedde zich tot de vraag hoe de computersamenleving eruit zou moeten zien. Zo ontstond het mobiliserende begrip 'informatiemaatschappij', dat bewust werd ingezet om in allerlei plaatsen van onze samenleving geld en energie vrij te maken om computers te gaan toepassen.

Het antwoord op de opkomst van robotica en het robotinternet kan dus zoiets zijn als de 'robotsamenleving'. Robotsamenleving staat nadrukkelijk tussen aanhalingstekens omdat het een concept is dat waargemaakt moet worden; het is zogezegd een mobiliserend perspectief. Het is van belang dat Nederland in den brede – van burgers, politici, onderwijzers en ondernemers tot mensen uit de maak- en creatieve tot de dienstensector – kennismaakt met de nieuwe technologische opties en visies op het gebied van IT, zodat we in staat worden gesteld om deze mogelijkheden vanuit onze eigen wensen en zorgen toe te eigenen. Het vraagt actief beleid om op veel plaatsen in de samenleving vorm te geven aan een 'robotsamenleving', zodat deze voor alle Nederlanders een wenkend perspectief kan vormen. Drie thema's verdienen daarbij de volle aandacht: maatschappelijk verantwoorde innovatie, scholing en welvaart.

Maatschappelijk verantwoorde innovatie
Het historisch perspectief in dit rapport laat zien dat vroegtijdig investeren in fysieke infrastructuur en de opbouw van een adequate kennisinfrastructuur essentieel is om de vruchten te plukken van nieuwe opkomende generieke technologieën. Elk tijdperk stelt daar zijn eigen eisen aan. Zo investeerde de overheid tijdens de eerste industriële revolutie in samenwerking met marktpartijen, ondanks de slechte staat van de nationale overheidsfinanciën, flink in transportsystemen, zoals verharde straatwegen, kanalen en spoorwegen. Dit faciliteerde in de tweede helft van de negentiende eeuw bijvoorbeeld de modernisering van de textielindustrie in Twente. Ook de bijbehorende kennisinfrastructuur kwam tot wasdom: ingenieursopleidingen en de ingenieursvereniging werden opgericht. In de tweede industriële revolutie was de totstandkoming van een degelijk elektriciteitsnetwerk cruciaal. Daarbij speelden eerst particuliere ondernemers en gemeenten een rol en later provinciale en nationale overheden.

In het informatietijdperk ging het in de jaren vijftig van de vorige eeuw aanvankelijk om de inzet van computers voor bijvoorbeeld administratieve automatisering bij verzekeraars. Ook ontstonden in die tijd de eerste beroepsverenigingen op het gebied van automatisering. In de loop van de jaren zeventig en tachtig, wanneer de computer in beeld komt, gaat het wat betreft kennisinfrastructuur onder meer om het opzetten van computerservicecentra, nieuwe beroepsverenigingen en de ontwikkeling van digitale vaardigheden bij de bevolking door het stimuleren van thuisgebruik van computers. In de jaren negentig en het begin van deze eeuw gaat het om snelle internetverbindingen.

Ook nu is de vraag welke rol de overheid kan spelen bij het aanjagen van economische groei via het stimuleren van technologische ontwikkeling. Omarming van de informatierevolutie lijkt een belangrijke sleutel te zijn voor de toekomst, omdat het bijdraagt aan productiviteitsgroei, al bestaat er discussie over de richting en de keuze van de investeringen. De volgende vragen – die in de komende tijd nader onderzoek behoeven – komen naar voren: investeert Nederland wel voldoende in nieuwe technologie? Waar zouden meer investeringen wenselijk zijn? Hoe kunnen (digitale) start-ups worden ondersteund? Welke belemmeringen zijn er voor de benodigde veranderingen – en welke rol spelen onze instituties (wetten, regels en toepassing) daarbij? Hoe kunnen publieke investeringen in technologie en innovatie duurzaam bijdragen aan een welvarend Nederland?

Internationaal is op dit moment een herwaardering van de maakindustrie waarneembaar, zie bijvoorbeeld de Nederlandse *Actieagenda Smart Industry* en de Duitse ontwikkelingen rondom Industrie 4.0. Het Duitse discours straalt veel positieve energie uit, maar wordt ook gedreven door angst dat Duitsland haar mondiale koppositie op het gebied van de hoogtechnologische maakindustrie aan het verliezen is aan landen zoals China en India. De 'traditionele'

fysieke scheiding tussen laagwaardige fabricage daar en hoogwaardige innovatie hier is veel minder vanzelfsprekend geworden. De slimme fabriek is *de* plek geworden waar innovatie van productieprocessen en producten plaatsvindt. De vraag voor de toekomst is daarmee waar die slimme fabriek komt te staan.[1] Clustering van innovatieve activiteiten in bepaalde regio's is al zichtbaar. Steeds meer landen streven er daarom actief naar een aantrekkelijke vestigingsplaats te zijn (of te worden) voor bedrijven en personeel.

Daarnaast wordt steeds meer verdiend aan diensten die zijn gekoppeld aan producten. Digitalisering van industriële maakprocessen en producten wordt steeds afhankelijker van een goede samenwerking tussen industrie en dienstverleners, bijvoorbeeld tussen de industriële en internetcultuur. Daarom is meer aandacht nodig voor het stimuleren van de samenwerking tussen de industriële en dienstensector, en op het belang van innovatie binnen de dienstensector.

Scholing

In het verleden is het door grote investeringen in het onderwijs steeds gelukt om mensen beter op te leiden en aan de veranderende vraag naar vaardigheden (door de opkomst van technologie) te voldoen. De 'race tussen technologie en onderwijs' werd gewonnen door onderwijs. Sinds de opkomst van het tweede machinetijdperk is baanpolarisatie zichtbaar: de middenklasse banen staan onder druk. Voor de toekomst wordt verwacht dat automatisering alle opleidingsniveaus – op verschillende wijzen – kan treffen. Ook nu worden scholing en investeringen in het onderwijs genoemd als belangrijke beleidsopties om ervoor te zorgen dat mensen de juiste vaardigheden hebben voor het werk van de toekomst. Tegelijkertijd is onzeker hoe dat werk – en de bijbehorende vaardigheden – er precies uit zal zien.

Investeringen in herscholing en bijscholing zijn nodig om boventallige werknemers, onder andere in het middensegment, te begeleiden naar nieuw werk, en om het middensegment zo veel mogelijk door te laten stromen naar het hogere segment. Echter, dit gaat langzaam en kan een pijnlijk traject zijn voor de groepen die het betreft. In Nederland gaat dit proces vooral via de instroom van jongeren op de arbeidsmarkt. Om vraag en aanbod zo goed mogelijk op elkaar te laten aansluiten, is interactie tussen bedrijven en het onderwijs van belang: het betrekken van bedrijven bij opzet curricula; strategische relaties tussen bedrijven en onderwijsinstellingen. Nieuwe online matchingsdiensten, zoals LinkedIn, kunnen een rol spelen bij het bewerkstelligen van een betere, snellere match tussen vraag en aanbod. Daarnaast kan de opkomst van

1 Waar productie neerslaat kent ook een geopolitieke dimensie: de strijd tussen landen en regio's over waar de voor- en nadelen van de IT-revolutie neerslaan. Dit leidt tot vragen over de rol van Europa: moet de EU bijvoorbeeld actiever zorgen voor Europese alternatieven voor Amerikaanse of Chinese IT-oplossingen?

Massive Open Online Courses (MOOC's) een rol spelen bij het toegankelijker maken van hoger onderwijs.

Ook zijn investeringen in het basis- en voortgezet onderwijs van belang om kinderen uit te rusten met vaardigheden voor de toekomst. Het betreft diverse generieke vaardigheden: vaardigheden waarin mensen zich onderscheiden van computers (werken met nieuwe informatie, creativiteit, communicatie) of vaardigheden die passen bij flexibilisering en een digitaliserende omgeving, zoals metacognitieve vaardigheden (zoals leren hoe je leert), ondernemerschap en e-skills (leren programmeren, 3D-printen en dergelijke).

Welvaart
IT en automatisering hebben een negatieve impact gehad op middenklassebanen. Met een brede toepassing van de technologieën van het tweede machinetijdperk, bestaat er een reële kans dat de ongelijkheid in de toekomst toeneemt. Dat leidt tot de vraag wat we kunnen doen om ervoor te zorgen dat de baten van digitalisering zo breed mogelijk verdeeld worden.

De overheid kan bijvoorbeeld kansen creëren door te stimuleren dat veel meer mensen hun brood kunnen verdienen in de digitale economie. Toegang tot internet is niet voldoende voor effectief gebruik van ICT-diensten, of voor het kunnen produceren van digitale goederen en diensten om daarmee de kost te kunnen verdienen. Dat betekent investeren in digitale vaardigheden. Ook het ontwikkelen van *inclusive technology* speelt hierbij een rol. Het gaat dan onder andere om technologie voor mensen met een (lichte beperking) en om *inclusive innovation:* innovatie ten behoeven van vooral arme bevolkingsgroepen en het centraal stellen van de gebruiker en gebruikersgemak.

Van belang is ook dat de overheid bescherming biedt. Hoe kunnen bijvoorbeeld de belangen van werknemers die te maken krijgen met automatisering of platformisering gewaarborgd worden? Het gaat daarbij om zaken als een veilige werkomgeving, een veilig aantal werkuren (tegen overbelasting en exploitatie), vragen over voldoende inkomsten om van te leven, zorgdragen voor bijscholing, maar ook over het waarborgen van privacy. Bij een vast dienstverband zijn dit soort zaken meestal goed geregeld. In het geval van on demand crowdsourcen van arbeid, waarbij er veelal geen sprake is van een werkgever-werknemerrelatie, maar een relatie opdrachtgever-zelfstandige is dat niet zo. Welke rechten, niet alleen voor laaggeschoolde, maar ook voor hooggeschoolde cognitieve arbeid, moeten worden gewaarborgd? Is er nieuw sociaal beleid nodig? Kunnen rechten van werknemers mogelijk in platformen worden ingebouwd?

Hieraan gerelateerd is de beleidsoptie om platformen – en daarmee nieuw opkomende monopolies – te reguleren. Op dit moment is regulering vaak nog afwezig. Inmiddels is daarover in Europa een discussie gestart en stelt de

Europese Commissie dat regulering nodig is om concurrentie te bevorderen en mono-polievorming tegen te gaan. Tegelijkertijd moet hierbij worden opgemerkt dat deze nieuwe bedrijfsmodellen ook belangrijke kansen bieden voor innovatie en economische groei. Daarom is het van belang om hier een goede balans in te vinden.

1 Inleiding

Linda Kool, Rinie van Est, Ira van Keulen en

Arnoud van Waes

> *"For years we have studied the impact of digital technologies like computers, software, and communications networks, and we thought we had a decent understanding of their capabilities and limitations. But over the past few years, they started surprising us. Computers started diagnosing diseases, listening and speaking to us, and writing high-quality prose, while robots started scurrying around warehouses and driving cars with minimal or no guidance. Digital technologies had been laughably bad at a lot of these things for a long time – then they suddenly got very good."* – Brynjolfsson & McAfee (2014)

1.1 Slimme machines

De discussie over robotisering en mogelijke effecten op de werkgelegenheid is losgebarsten in de media, de wetenschap, beleid en politiek. Zo zijn er zorgen over technologische werkloosheid: gaat steeds slimmer wordende technologie (software en machines) in de toekomst massaal arbeid vervangen? Anderen zien vooral kansen: slimme machines brengen ons meer comfort, gezondheid en economische groei. Voorbeelden van deze slimmer wordende technologie zien we overal om ons heen: hoog geautomatiseerde fabrieken in de maakindustrie, zelfscankassa's, software die voorspelt hoe druk de wegen zijn en hoe laat we van huis moeten vertrekken om op tijd voor een afspraak te zijn, tot aan gratis toegankelijke juridische software om zelf contracten op te stellen.

De zorgen over technologie worden aangewakkerd door boeken als *The Second Machine Age* van Brynjolfsson & McAfee (2014) of studies als *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?* van de economen Frey & Osborne (2013) van de Oxford Martin School. Brynjolfsson & McAfee claimen dat we door de informatierevolutie nu in een fundamenteel ander tijdperk (gaan) leven dan voorheen. Ze maken een onderscheid tussen het eerste en het tweede machinetijdperk: in het eerste tijdperk, vanaf 1800, staan machines die spierkracht leveren centraal, in het tweede, vanaf 1980, gaat het om machines die denkkracht leveren (computers, robots, internet, kunstmatige intelligentie) (zie ook Tabel 1 in Hoofdstuk 2). Brynjolfsson & McAfee verwachten een grote impact van deze denkende machines op ons leven en ons werk. Die invloed stelt ons volgens hen voor grote uitdagingen ten aanzien van werkgelegenheid en de verdeling van kosten en baten van nieuwe technologie.

De studie van Frey & Osborne (2013) bracht internationaal onrust teweeg omdat deze voorspelt dat in de Verenigde Staten de komende twintig jaar bijna de helft van het huidige aantal banen wordt overgenomen door computers of robots. Deloitte (2014) projecteerde de resultaten van Frey & Osborne op de Nederlandse situatie en kwam tot vergelijkbare resultaten. De Brusselse denktank Bruegel (2014) berekende de cijfers voor heel Europa; in Nederland is 49,5 procent van de banen gevoelig voor automatisering, en dit percentage is vergelijkbaar met dat van andere Noord-Europese landen (België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Ierland en Zweden) en de Verenigde Staten.

Naast zorgen over de toekomst van werk bestaan er zorgen over een fenomeen dat al diverse jaren in de cijfers is terug te zien: de toenemende uitholling van de werkgelegenheid onder gemiddeld betaalde banen – ofwel baanpolarisatie. Sinds de jaren tachtig treft de toenemende automatisering niet meer alleen laagopgeleiden, maar vooral middelbaar geschoolden. Het gaat om 'cognitief routinewerk' (zie bijvoorbeeld Autor et al. 2003), om werk dat goed in regels is te vangen en te automatiseren is, bijvoorbeeld administratief werk. Frey & Osborne denken dat in de toekomst ook niet-routinewerk door computers kan worden overgenomen, bijvoorbeeld laaggeschoold werk als schoonmaken, of hooggeschoold werk als taxateur of laborant.

1.2 Zorgen over technologische werkloosheid

Eind september 2014, tijdens het SZW-congres, gaf minister Asscher het startschot voor een brede publieke en politieke discussie over 'robots' en de impact op werkgelegenheid. In de speech die hij toen hield verwijst Asscher zowel naar de studie van Frey & Osborne als naar de toenemende druk op het midden door baanpolarisatie.[2] Hij neemt in die speech onder andere het scenario van technologische werkloosheid serieus. Zeventig procent van de Europese burgers denkt dat robots hun banen zullen wegnemen (EC 2012). Vergelijkbare zorgen zien we op verschillende momenten in de geschiedenis terug. Ook aan het begin van de ICT-revolutie, eerst in de jaren zestig, en later in de jaren tachtig, ontstonden er zorgen over de gevolgen van automatisering voor de werkgelegenheid (zie Kader 1). In Nederland onderzocht de commissie Rathenau in 1979 voor de toenmalige minister van wetenschapsbeleid de maatschappelijke gevolgen van de microprocessor. Het rapport van deze commissie legde vervolgens de basis voor een gericht industriebeleid en plaatste de informatiemaatschappij op de sociale en politieke agenda.[3]

---

2 In de brief van minister Asscher die op 19 december 2014 naar de Tweede Kamer is gestuurd, plaatst de minister overigens wel kanttekeningen bij het verhaal van Frey & Osborne: "Zoals gezegd biedt technologische ontwikkeling ook kansen, kansen die niet worden meegenomen in de publicatie van Frey en Osborne." Hij verwees hiervoor o.a. naar de gerobotiseerde productie van scheerapparaten door Philips in Drachten die de regio banen heeft opgeleverd.

3 Het onderzoek van Huppes besteedde veel aandacht aan dialoog en voorlichting met de samenleving ter voorbereiding op de komst van deze technologie (Veraart 2008).

Tjerk Huppes (1980) deed in dezelfde periode onderzoek voor het ministerie van Sociale Zaken naar de gevolgen voor arbeid en werkgelegenheid en waarschuwde dat de invoering van micro-elektronica zou leiden tot diverse aanpassingsproblemen in de samenleving; mensen zouden de veranderingen niet aankunnen, afhaken en als arbeidsongeschikt aan de kant komen te staan.

Tijdens de recessie van de jaren dertig gebruikte John Maynard Keynes (1930, p. 3) voor het eerst de term 'technologische werkloosheid': *"Unemployment due to our discovery of means of economising the use of labour outrunning the pace at which we can find new uses for labour."* Hij voegde daaraan toe dat dit slechts een tijdelijke aanpassingsperiode zou zijn, waarbij er weer nieuwe banen zouden ontstaan. Dit is sinds de eerste industriële revolutie het beeld geweest van technologische ontwikkeling: technologie vernietigt banen in oude sectoren, maar brengt er nieuwe banen in nieuwe sectoren voor terug. Zo is de kolenboer verdwenen, net als de telegrambesteller, maar bracht de IT-revolutie nieuwe banen als webdesigner of *datascientist*. Grofweg is er in de twintigste eeuw in veel westerse economieën, waaronder Nederland, een ontwikkeling geweest van werk in de landbouw, naar werk in de industriële sector, naar werk in de dienstensector.

De huidige discussie draait om de vraag of dat ook deze keer – in het tijdperk van de slimme machines –het geval zal zijn, of dat het nu anders is. Welke taken kunnen slimme machines overnemen, en waar vullen mensen en machines elkaar aan? Hoe verandert de organisatie van productie- en arbeidsprocessen? Denk aan de opkomst van platformen als Uber of Airbnb, die met relatief weinig arbeid en kapitaal zijn uitgegroeid tot economische spelers van betekenis. Wat betekent dat voor de verdeling van kosten en baten van technologische verandering? Zijn bepaalde groepen op de arbeidsmarkt kwetsbaarder dan anderen? Kunnen bekende beleidsmaatregelen, zoals scholing, herverdeling van inkomen en werkzekerheidsarrangementen, ook nu ingezet worden om mogelijk negatieve effecten te voorkomen? Of gaan de ontwikkelingen nu sneller, anders, en met grotere gevolgen voor verschillende groepen op de arbeidsmarkt? Vragen ze om meer innovatieve beleidsopties?

De meningen van experts zijn verdeeld. Pew Research, een onafhankelijk Amerikaans bureau voor opinieonderzoek, heeft 2.000 experts op het gebied van kunstmatige intelligentie, robotica en economie ondervraagd over de rol van automatisering tot 2025 (Pew Research 2014). Hoewel hun voorspellingen over de evolutie van de technologie grotendeels overeenkomen, zijn de experts diep verdeeld over hoe robotisering de economie en werkgelegenheid in het komende decennium zal beïnvloeden. Van deze experts voorspelt 52 procent een optimistisch pad voor de toekomst en is 48 procent juist bezorgd over die toekomst. De onrust onder burgers en de verdeeldheid tussen experts vraagt om een open en fundamentele denkexercitie over de betekenis van innovatie voor de toekomst van de Nederlandse economie en arbeids-markt. Deze studie hoopt daar een bijdrage aan te leveren.

Kader 1 Zorgen over de impact van automatisering in voorgaande decennia

Er zijn altijd al zorgen geweest over de impact van automatisering op de werkgelegenheid. Meestal waren het zorgen over baanverlies door nieuwe technologie; zorgen die in het huidige publieke debat ook geuit worden. Tot nu toe is het beeld in de wetenschap geweest dat sinds de eerste industriële revolutie technologie inderdaad banen vernietigt in 'oude' sectoren, maar er nieuwe banen in nieuwe sectoren voor terug brengt.

In 1955 in de **Verenigde Staten** hield de Joint Economic Committee (JEC) van het Amerikaanse congres uitgebreide hoorzittingen over de gevolgen van *"automation and push-button factories"* voor de Amerikaanse arbeidsmarkt.[4] In 1961 richtte president John F. Kennedy het Office of Automation & Manpower op. Dit agentschap moest *"the major domestic challenge of the Sixties: to maintain full employment at a time when automation, of course, is replacing men"* bestuderen. Drie jaar later, in 1964, richtte president Johnson de Blue Ribbon National Commission on Technology, Automation and Economic Progress op. In datzelfde jaar volgde een open brief van wetenschappers en maatschappelijke organisaties over de *'triple revolution'*. In die brief stond onder andere:

"A new era of production has begun. Its principles of organization are as different from those of the industrial era as those of the industrial era were different from the agricultural. The cybernation revolution has been brought about by the combination of the computer and the automated self-regulating machine. This results in a system of almost unlimited productive capacity which requires progressively less human labor. Cybernation is already reorganizing the economic and social system to meet its own needs."[5]

In 1979 in Nederland gaf premier Joop den Uyl aan zorgen te hebben over de impact van de 'kleine computer' op de Nederlandse arbeidsmarkt. In een artikel in het blad Informatie schrijft hij: "Toch rijst de vraag, waarom nu zoveel zorg over de chips. Het antwoord ligt voor de hand: omdat er een wijdverbreide, hardnekkige werkloosheid bestaat en gevreesd moet worden, dat die door invoering van kleine computers zal worden verergerd" (Den Uyl 1979). Een jaar eerder had de regering

4 http://www.dol.gov/dol/aboutdol/history/mono-mdtatext.htm
5 http://www.futuristspeaker.com/2014/08/when-it-comes-to-jobs-why-is-this-time-different

– in de persoon van wetenschapsminister Peijenburg – de commissie Rathenau[6] ingesteld die als opdracht had meegekregen om uit te zoeken wat de maatschappelijke gevolgen zouden zijn van aanstormende technologieën, met name van de microprocessor. Zou de opkomst van de micro-elektronica slechts leiden tot een hogere werkloosheid in Nederland of zouden er nieuwe (economische) kansen ontstaan? Volgens toenmalig directeur-generaal Egbert Spiegel sloeg het rapport in als een bom: "Het was ook uniek. De brede en gedegen analyse schetste een helder beeld van de kansen en bedreigingen van nieuwe technologie. Het maakte bovendien duidelijk dat wij snel een gedegen technologiebeleid moesten ontwikkelen wilden we onze achterstand inhalen" (Alphen & Nebbeling 2011).

1.3 Doel van het onderzoek

De vaste commissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft het Rathenau Instituut gevraagd een kortlopend onderzoek (drie tot vier maanden) te doen naar de wetenschappelijke stand van kennis rondom het effect van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid. Op dit moment zijn er diverse rapporten in de maak waarin technologie en arbeid centraal staan door verschillende (advies)organen, waaronder de WRR, de SER, KVS[7] en het CPB.[8] Het voorliggend onderzoek dient als voorbereiding op de politieke debatten die op basis van deze rapporten zullen worden gevoerd.

Het doel van dit onderzoek is om de stand van zaken in kaart te brengen van de wetenschappelijke kennis over de complexe relatie tussen technologische ontwikkelingen en arbeid in samenhang met bovengenoemde contextuele factoren. Waar is wetenschappelijke consensus, waar dissensus en waar zijn kennislacunes? Kan de wetenschap zorgen voor een gedeelde kennisbasis onder het maatschappelijke en politieke debat?

---

6 Gerhart Rathenau was – als oud-directeur van het NatLab – voorzitter van de commissie.

7 Koninklijke Vereniging voor de Staathuishoudkunde.

8 Bij de WRR loopt het project Toekomst van Werk. Dit project heeft als doel "cruciale arbeidsmarktontwikkelingen op het terrein van de digitale revolutie en flexibilisering van de arbeidsrelaties in kaart te brengen, en de sociale en economische betekenis daarvan te onderzoeken. En wat vragen deze ontwikkelingen van beleid?" (www.wrr.nl). Het rapport komt uit in 2016. Minister Asscher heeft de SER begin oktober 2014 gevraagd om de invloed van technologische ontwikkelingen zoals robotisering op de arbeidsmarkt in ogenschouw te nemen. Ook moet de SER adviseren over de vaardigheden die mensen in de toekomst nodig zullen hebben en wat dat betekent voor het onderwijs. Minister Asscher heeft verder het CPB ingeschakeld. Het CPB is gevraagd om "vervolgonderzoek te doen naar de mogelijke effecten van technologische ontwikkeling op de arbeidsmarkt" (Kamerstuk II 2014/2015, 29 544 nr 281; brief minister van sociale zaken en werkgelegenheid over effect van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt, 19 december 2014).

1.4 Onderzoeksvragen

De vaste commissie voor SZW heeft als centrale vraag: welke actuele[9] wetenschappelijke kennis bestaat er over de invloed van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid?[10] De bijbehorende deelvragen zijn: welke relevante en actuele wetenschappelijke kennis is beschikbaar over

1. de invloed van technologische ontwikkelingen (mechanisering, automatisering, et cetera) op de werkgelegenheid in het verleden?
2. de mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid?
3. de mogelijkheden om met beleid in te spelen op de toekomstige effecten op de werkgelegenheid, bijvoorbeeld door middel van scholing?

Gelet op de korte onderzoeksperiode van enkele maanden is volledigheid onhaalbaar. De relatie tussen technologische ontwikkeling en werkgelegenheid is zeer complex. Er wordt op veel verschillende deelgebieden, vanuit verschillende wetenschappelijke disciplines en verschillende aggregatieniveaus, wetenschappelijk onderzoek gedaan naar deze vragen. Elke aanpak levert een ander type kennis op. Het Rathenau Instituut brengt in voorliggend rapport de belangrijkste inzichten uit de wetenschap op hoofdlijnen zo goed mogelijk voor het voetlicht met als doel een goed en actueel geïnformeerde discussie mogelijk te maken.

Het onderzoek bestaat uit literatuuronderzoek, een media-analyse van de beleidsopties, zoals genoemd door experts in het publieke debat (Bijlage 6), en interviews met wetenschappelijk experts (voor geraadpleegde experts, zie Bijlage 1). De verslagen zijn als korte intermezzo's bij ieder hoofdstuk ingevoegd. Voor het literatuuronderzoek hebben we ons zo veel mogelijk gericht op de meeste actuele en geciteerde publicaties. Het doel van de interviews is om a) te toetsen of relevante literatuur is opgenomen in het literatuuronderzoek en b) om de gevonden literatuur op hun wetenschappelijke waarde te kunnen schatten en beleidsopties te concretiseren. De beleids*opties* vormen geen concrete beleids*aanbevelingen*, maar geven richtingen aan waar de overheid een rol kan spelen. Verdere reflectie op en analyse van deze opties is nodig om tot concrete beleidsaanbevelingen te komen.

Het rapport bevat onvermijdelijk interpretaties van de auteurs op basis van bovenstaand materiaal. Het rapport is, volgens de kwaliteitsprocedures van het Rathenau Instituut, intern ter review voorgelegd aan een onderzoeker die niet bij het onderzoek betrokken was. Het Rathenau Instituut werkte voor dit

9 In de afgelopen tien jaar.
10 Kamerstuk II 2014/205, 29 544, nr. 583. Brief van het presidium over arbeidsmarktbeleid.

rapport samen met Stichting Historie en Techniek en TNO. Robert Went, econoom bij de WRR, was betrokken bij het onderzoek als extern adviseur, maar het Rathenau instituut is verantwoordelijk voor de bevindingen in dit rapport.

1.5 Aanpak

Om de vragen van de vaste commissie SZW te beantwoorden, hebben we ons onderzoek langs twee hoofdlijnen gestructureerd. Deze liggen besloten in de centrale vraag van de commissie: wat is de invloed van technologische veranderingen op de werkgelegenheid? De eerste hoofdlijn richt zich op het eerste deel van deze vraag: over welke technologie, en technologische revoluties, hebben we het? Daarbij plaatsen we technologie in een historisch en maatschappelijk perspectief. Op expliciet verzoek van de begeleidingscommissie van de vaste commissie voor SZW beperken we het verleden niet tot de IT-revolutie, maar nemen we een langer historisch perspectief. De tweede hoofdlijn gaat in op het tweede deel van de hoofdvraag: de relatie tussen technologie en arbeid. In de onderstaande paragrafen gaan we uitgebreider in op de beide hoofdlijnen.

Technologie in historisch en maatschappelijk perspectief
De invloed van technologie op de samenleving wordt alom erkend. Maar vaak slaat dit door in de gedachte dat de manier waarop de samenleving vorm krijgt wordt bepaald door technologie. Deze technologisch-deterministische visie doet geen recht aan de complexe relatie en interactie tussen technologie, maatschappelijke, economische en politieke processen. In deze studie gaan wij ervan uit dat sociale, culturele en economische processen en technologie elkaar wederzijds beïnvloeden (zie o.a. Misa et al. 2003). Die wisselwerking, ook wel *co-constructie* genoemd, geeft aan dat de ontwikkeling en toepassing van technologie wordt beïnvloed door bestaande opvattingen, regelgeving, instituties en infrastructuur, en dat technologie op haar beurt diezelfde opvattingen, regels, instituties en infrastructuur beïnvloedt.

Vanuit de techniekgeschiedenis wordt vaak gesproken over drie industriële revoluties: de introductie van stoom, elektriciteit en informatietechnologie (IT). In de discussie over technologie en arbeid is ook het onderscheid tussen het eerste en tweede machinetijdperk van belang (Brynjolfsson & McAfee 2014). Het eerste machinetijdperk omvat de eerste en de tweede industriële revolutie. Het bestaat voornamelijk uit machines die spierkracht leveren. De derde industriële revolutie – de IT-revolutie – luidt het tweede machinetijdperk in, waarin machines ook denkkracht gaan leveren (zie ook Bijlage 2).

De vraag die we op basis hiervan kunnen stellen is welke lessen we kunnen trekken uit het eerste machinetijdperk over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid in het tweede machinetijdperk.[11]

De informatierevolutie

De informatierevolutie bestaat uit convergenties van verschillende technologieën. Ten eerste, de digitalisering van productieprocessen. Het gaat hier om het samengaan van mechanica en elektronica (mechatronica). Intrede van automatisering en robots heeft het werk in talloze fabrieken radicaal veranderd en zal dat de komende jaren blijven doen. Ten tweede, de digitalisering van communicatieprocessen. Het gaat hier om het samengaan van informatie- en communicatietechnologieën; daarom spreekt men van ICT. Dit leidde in de jaren negentig tot de opkomst van het internet. Ten derde, de convergentie van internet met fysieke 'slimme' objecten zoals auto's, huishoudelijke apparaten of robots: het Internet der Dingen. Een vierde vorm van convergentie is de zogenaamde NBIC-convergentie[12]: een steeds sterkere verwevenheid tussen de natuur- (nanotechnologie en informatietechnologie) en de levenswetenschappen (biotechnologie en cognitieve wetenschappen).

In deze studie staat de informatierevolutie (IT-revolutie) centraal. Wanneer we in deze studie spreken over de IT-revolutie, doelen we op de vier bovengenoemde convergenties. Dat doen echter niet alle wetenschappers wier artikelen voor dit onderzoek zijn bestudeerd. Veelal spreken zij van de impact van ICT (en niet IT), met name als het gaat om het recente verleden.

Relatie technologie en werkgelegenheid

In de tweede hoofdlijn gaan we dieper in op de relatie tussen technologische verandering en werkgelegenheid. We hebben hiervoor ons uitgangspunt genomen in twee veelgehoorde, tegengestelde visies over deze relatie. In de ene visie leidt technologische innovatie tot economische groei, banengroei en een acceptabele verdeling van de welvaart: technologische innovatie leidt tot hogere arbeidsproductiviteit en goedkopere producten, dat op haar beurt weer tot een hogere consumptie en dus een groei van de markt en meer banen leidt. In het andere geval leidt technologische innovatie ook tot een

---

11 De eerste industriële revolutie van 1820 en 1870 is gebaseerd op de stoommachine en de tweede op de elektrische motor en verbrandingsmotor. Mandel (1968, p. 605) zag in de jaren veertig een derde industriële revolutie opkomen, gebaseerd op kernenergie en het gebruik van elektronische machines. Deze terminologie is door anderen op diverse manieren gebruikt. De derde industriële revolutie is in de loop der tijd steeds meer gaan verwijzen naar de IT-revolutie, oftewel het tijdperk waarin de computer centraal staat. Recent komt er meer aandacht voor een 'nieuwe' golf van technologie waarin zoals gezegd de robots, kunstmatige intelligentie, sensornetwerken en big data-analyses centraal staan. Door sommigen wordt dit ook wel de vierde industriële revolutie, industrie 4.0 of smart industry genoemd (FME 2014; Bloem et al. 2014).

12 De convergentie tussen nanotechnologie, biotechnologie, informatietechnologie en cognitieve wetenschappen.

hogere arbeidsproductiviteit, maar wordt arbeid op grote schaal vervangen door technologie waardoor innovatie leidt tot minder werk, een scheve verdeling van de welvaart. Dat leidt vervolgens tot een lagere koopkracht en consumptie, en zo krimpende winsten en markten (zie Figuur 1).

De geschiedenis kent vele perioden van economische en banengroei, maar laat ook zien dat deze spiralen niet ‘automatisch’ tot stand komen, maar mede het gevolg zijn van sociaal-economische, politieke en institutionele hervormingen of keuzes (de voortdurende wederzijdse beïnvloeding tussen technologie en maatschappij die we eerder al noemden, is ook hier zichtbaar). Een voorbeeld hiervan is de diepe economische crisis in de jaren dertig met stijgende werkloosheid, lagere koopkracht en consumptie, en zo krimpende winsten en markten. Het was vooral de oorlog waarvoor veel arbeidsplaatsen nodig waren, en in Amerika de ‘New Deal’, die de economie er weer boven op hielp.

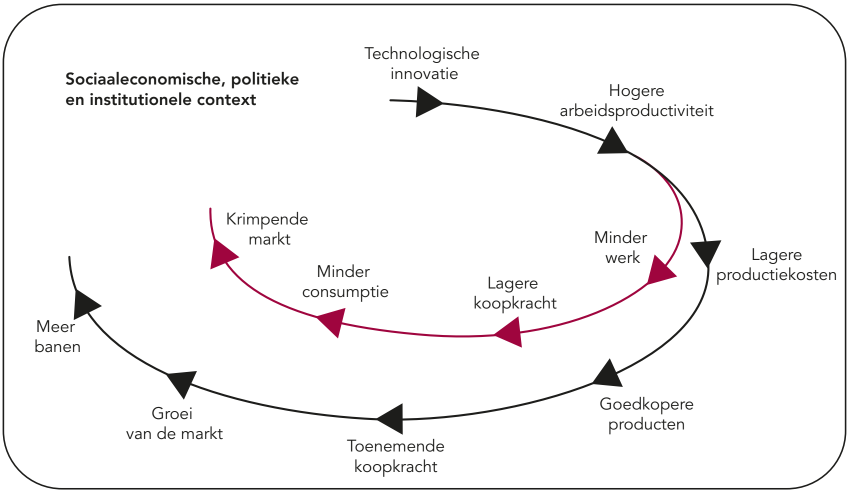
De spiralen in beide visies gaan dus uit van een aantal aannames. Deze aannames vormen het onderzoeksraamwerk van deze studie; onze manier om beide visies te bevragen:

1. Wat kenmerkt de huidige technologische innovaties?
2. Wat is er bekend over de relatie tussen IT en (arbeids)productiviteit?
3. Wat is er bekend over de relatie tussen IT en baanverlies/-creatie?
4. Wat is er bekend over de relatie tussen IT en welvaart?

Hoe ziet de bredere sociaal-economische, politieke en institutionele context eruit? Wat is bijvoorbeeld de rol en kracht van de vakbewegingen, van werkgevers en overheid? Hoe verloopt de maatschappelijke acceptatie van technologische innovatie?

Deze vragen werken we in verschillende hoofdstukken verder uit (zie paragraaf 1.6 Leeswijzer). Daarbij kijken we eerst naar het (recente) verleden, dan naar de toekomst en vervolgens bespreken we welke beleidsopties worden genoemd. De context komt in alle hoofdstukken aan bod, maar wordt vooral gevormd door het historisch perspectief, zoals hierboven beschreven.

Figuur 1 Visie op technologie en arbeid: meer of minder banen



Rathenau Instituut

1.6 Leeswijzer

Deel 1: Technologie in historisch en maatschappelijk perspectief

Technologische innovatie
In Hoofdstuk 2 beschrijft Rinie van Est (Rathenau Instituut) de technische, maar ook organisatorische kenmerken van de huidige technologische innovaties. Onder invloed van technologische veranderingen zijn productie-, arbeidsprocessen en later ook consumptie steeds verder gerationaliseerd. Aan de hand van het zogenaamde *scientific management of Taylorisme* werd in de negentiende eeuw de ambachtelijke fabriek herontworpen tot 'een grote efficiënte machine'. In de jaren tachtig komt door de opkomst van IT ook de dienstensector in de greep van het industriële efficiëntiedenken: het digitaal Taylorisme richt de dienstensector opnieuw in en splitst deze waar mogelijk op in simpele deeltaken die zijn te outsourcen, offshoren, te reshoren of te automatiseren. De inzet van arbeid wordt daarbij steeds verder geoptimaliseerd. Op dit moment maakt het internet de opkomst van digitale platformen mogelijk, die kunnen opereren met relatief weinig kapitaal en arbeid.

In Hoofdstuk 3 bekijken Jan Korsten, Harry Lintsen en Johan Schot (Stichting Historie der Techniek) hoe technologische innovatie in Nederland vanaf het begin van de industriële revolutie is verlopen. Ze beschrijven drie voorbeelden op basis van drie technologische revoluties: de introductie van stoom, van elektriciteit en van IT. Ze laten daarbij steeds zien welke belemmerende en stimulerende (context)factoren een rol speelden, en hoe er door verschillende

actoren is gehandeld om negatieve effecten te voorkomen, casu quo positieve effecten te stimuleren. Daarbij gaan de auteurs ook in op de rol die de overheid hierin heeft gespeeld.

Deze hoofdstukken nemen een langetermijnperspectief. De auteurs beschrijven hoe, vanaf het begin van de industriële revolutie, technologische innovatie de organisatie van arbeid in Nederland heeft beïnvloed. Dat doen zij vooral om zicht te krijgen op de kenmerken van de huidige IT-revolutie. De volgende drie hoofdstukken hebben een kortere tijdsspanne en richten zich in het bijzonder op de informatierevolutie.

Deel 2: Relatie tussen technologie en werkgelegenheid

IT en (arbeids)productiviteit

In Hoofdstuk 4 gaat Frans van der Zee (TNO) in op de relatie tussen technologische innovatie, productiviteitsgroei en economische groei. Welke concepten en indicatoren worden gebruikt om deze relatie in kaart te brengen, en wat zijn de voor- en nadelen daarvan? Welke bijdrage heeft de IT-revolutie de afgelopen vijftien tot twintig jaar aan productiviteitsgroei geleverd? Van der Zee bespreekt ook de verschillende visies op, en uiteenlopende achterliggende argumenten, voor de relatie tussen technologische innovatie, productiviteitsgroei en banengroei voor de toekomst. Gaan we een toekomst tegemoet van seculaire stagnatie (nulgroei) of zal er juist sprake zijn van een ongekende (productiviteits)groei? En waarop moet Nederland letten, willen we hier in de komende jaren niet buiten de boot vallen?

Automatisering en baancreatie

In Hoofdstuk 5 bespreekt Linda Kool (Rathenau Instituut) de impact van de IT-revolutie op de arbeidsmarkt. Welke groepen op de arbeidsmarkt worden geraakt door automatisering? Wat is er bekend over mogelijke nieuwe banen die door IT worden gecreëerd? Sinds de jaren tachtig wordt zichtbaar dat de toenemende automatisering van cognitief routinewerk ook middelbaar geschoolden treft. De verwachtingen ten aanzien hiervan zijn onzeker. Sommigen gaan ervan uit dat slimme software en machines in toenemende mate ook niet-routinewerk kunnen overnemen, terwijl anderen sceptisch zijn over de mogelijkheden daarvan – en het tempo waarin dat gebeurt. Kool bespreekt de verschillende beleidsopties die in relatie tot baanpolarisatie worden genoemd, waarbij vooral scholing wordt benadrukt.

IT en welvaart

In Hoofdstuk 6 gaat Govert Gijsbers (TNO) in op de relatie tussen IT en welvaart. De invloed van IT op productiviteit beïnvloedt ook andere economische ontwikkelingen: bijvoorbeeld lagere productiekosten, of de loonontwikkeling, en beïnvloedt bijvoorbeeld zo mede de ontwikkeling van de koopkracht en economische groei. Dit hoofdstuk kijkt dus naar wat er bekend is over de

'staart' van de bovengenoemde spiralen. Welke patronen in inkomens- en vermogensverdeling zijn zichtbaar geworden in de afgelopen decennia? Wat is daarbij de rol van technologie? Hoe beïnvloedt digitalisering en toenemende flexibilisering baanzekerheid, en baankwaliteit? Zijn dit nieuwe vormen van ongelijkheid? Eerst komen de veranderingen in de verdeling tussen arbeid en kapitaal (arbeidsinkomensquote) aan bod. IT speelt een rol in de daling van het aandeel van arbeid in het nationaal inkomen, maar ook globalisering, de tanende macht van de vakbonden en de toenemende liberalisering van de arbeidsmarkt spelen een rol. Vervolgens bespreekt Gijsbers de inkomens- en vermogensverdeling. Ook neemt hij kwalitatieve aspecten van welvaart mee: wat is er bekend over de kwaliteit en zekerheid van arbeid in relatie tot de opkomst van IT? Het aantal flexibele arbeidscontracten en zelfstandigen neemt toe; wetenschappers relateren dit deels aan deze technologische ontwikkelingen. Tot slot bespreekt Gijsbers verschillende beleidsopties die in dit verband worden genoemd.

Deel 3: Opbrengst: samenvatting, bevindingen en conclusies

De robotsamenleving als mobiliserend perspectief

In Hoofdstuk 7 blikken Rinie van Est, Linda Kool en Frans Brom (Rathenau Instituut) terug op de drie deelvragen van de vaste commissie voor SZW: welke relevante en actuele wetenschappelijke kennis is beschikbaar over de IT-revolutie en werkgelegenheid in het verleden, wat zijn de mogelijk toekomstige effecten, en welke beleidsopties worden genoemd? Het hoofdstuk vat de bevindingen van het rapport samen: over welke onderwerpen bestaat (op hoofdlijnen) wetenschappelijke consensus, en waar lopen de meningen uiteen? Uiteenlopende meningen betreffen vooral de toekomst; deze blijft namelijk fundamenteel ongekend. Van Est en anderen duiden de bevindingen en zien het begrip van de 'robotsamenleving' als belangrijk mobiliserend perspectief om de samenleving – burgers, bedrijven, politici, maatschappelijk middenveld – kennis te laten maken met de nieuwe technologische mogelijkheden en hen te laten meedenken over de vraag hoe die robotsamenleving vorm kan krijgen.


FWE
3050
FWE
3060
KUKA

1 Technologie in historisch en maatschappelijk perspectief



Intermezzo

**Interview met
Sabine Pfeiffer,
Universität Hohenheim**

Intermezzo

"Werknemers veranderen in zzp'ers"

Van buitenaf gezien kan de Duitse industrie goed met technologische vernieuwingen overweg, maar achter de schermen heerst onzekerheid, stelt Sabine Pfeiffer, hoogleraar aan Universität Hohenheim. Door de veranderingen proactief te benaderen, kunnen we aan de top blijven – dat is volgens de Duitse arbeids- en industriesociologe het publieke discours. Heimelijk vreest men echter dat Duitsland, ondanks verwoede pogingen het proces zo goed mogelijk te sturen, de toppositie in de industrie zal verliezen. "Maar niemand heeft empirisch bewijs welke kant het op zal gaan."

De zorgen zijn niet geheel onterecht, stelt Pfeiffer, die een gemengd beeld schetst. Een ruime meerderheid van de Duitse beroepsbevolking heeft een duale leerweg gevolgd, waardoor de groep middelbaar opgeleiden minder kwetsbaar is voor de gevolgen van technologische vernieuwing dan die in bijvoorbeeld de Verenigde Staten. Probleem is volgens Pfeiffer de eenzijdige focus van beleidsmakers op de industriële sector, bijvoorbeeld op de verwerkings- en de auto-industrie. Productie is daar al verregaand geautomatiseerd. "Politici zien over het hoofd wat er in de dienstverlening, en in het bijzonder in de logistiek gebeurt. De veranderingen zullen daar veel dramatischer zijn."

Bovendien wordt er te veel top-down gewerkt bij het implementeren van nieuwe technologie. Door werknemers eerder en meer bij veranderprocessen te betrekken, kunnen niet alleen de werkomstandigheden verbeteren, maar kan technologie ook productiever worden ingezet, stelt Pfeiffer.

Het verplaatsen van functies (bijvoorbeeld in de IT-sector) naar lagelonenlanden is de afgelopen jaren relatief makkelijk geworden. Het is een belangrijk onderdeel van de strategie van bedrijven om steeds onafhankelijker van werknemers te worden, en dat geldt in toenemende mate ook voor hoogopgeleid werk. Maar dat geldt niet voor alle banen in de industriële sector, denkt de Duitse hoogleraar. Daarbij zijn immers ook machines en goederen betrokken. Een machine kun je wel in, zeg, China neerzetten. "Maar als er een technisch probleem is, er een nieuw onderdeel in moet, dan kun je dat niet via internet oplossen." Pfeiffer verwacht dat er altijd hoogopgeleide werknemers in de buurt van het productieproces nodig zullen zijn. Maar de manier waarop zij worden ingezet, is wel degelijk aan verandering onderhevig. Steeds vaker worden mensen alleen ingezet wanneer de onderneming daar behoefte aan heeft; het in Duitsland zogeheten *crowdworking*. "Werknemers veranderen in zzp'ers. De relatie werkgever-werknemer wordt vervangen door die van

opdrachtgever-opdrachtnemer. Bedrijven experimenteren nu in hoeverre (bij welke productieprocessen) ze dit flexibele model in kunnen zetten."

Voor de vakbonden, traditioneel sterk in Duitsland, wordt het als gevolg van de flexibilisering van organisaties steeds moeilijker om de belangen van de werkende mens te beschermen. Ook hier ziet Pfeiffer een verschil tussen de boodschap naar buiten toe en het gesprek achter de schermen. De bonden proberen zich constructief op te stellen en zichtbaar mee te werken om deze ontwikkeling een menselijk gezicht te geven. "Maar als ik informeel met ze praat, zijn de meeste meer sceptisch en kritisch." Dat is niet naïef; ze hebben weinig keuze: een te kritische opstelling zou betekenen dat ze niet meer worden uitgenodigd aan de onderhandelingstafel, aldus Pfeiffer.

Pfeiffer zou graag zien dat het anders was, maar in haar ogen is wereldwijd kapitalisme het meest realistische toekomstscenario. Als de mensheid echt een deeleconomie zou wensen, dan zou die er volgens Pfeiffer al geweest zijn. Het internet maakt dat immers veel gemakkelijker. "Ik zou willen dat (de Amerikaanse econoom Jeremy) Rifkin met zijn visie over *collaborative commons* gelijk heeft, maar ik zie het niet gebeuren." De veranderingen op de arbeidsmarkt en de verzwakte positie van de bonden nopen volgens haar tot nadenken over manieren om fundamentele rechten van werkenden te garanderen. Zodat bijvoorbeeld een bepaalde taak na twaalf uur door iemand anders wordt overgenomen, omdat wereldwijd is afgesproken dat niemand langer dan twaalf uur per etmaal mag werken. Deze bescherming zouden we technisch in de platformen in moeten bouwen.

Om de impact van technologische vernieuwing op de arbeidsmarkt in goede banen te kunnen leiden, zijn volgens Pfeiffer snel betere en bruikbare gegevens nodig. Er is wel informatie, maar deze is te algemeen en gedateerd, zeker gegeven het tempo waarmee de veranderingen nu plaatsvinden, benadrukt ze. "Onze belangrijkste surveys bevatten vragen als: werk je met een pc, en hoe vaak dan?" Er is onvoldoende bekend over zaken als arbeidsomstandigheden, wat mensen precies doen en welke mate van automatisering daarbij wordt ingezet. "We weten niet eens wat er nu gebeurt; hoe wil je dan dat we voorspellingen voor de toekomst doen?"

2 De transformerende kracht van informatietechnologie[13]

Rinie van Est

> *"Uber, the world's largest taxi company, owns no vehicles. Facebook, the world's most popular media owner, creates no content. Alibaba, the most valuable retailer, has no inventory. And Airbnb, the world's largest accommodation provider, owns no real estate. Something interesting is happening."* – Goodwin (2015)

Volgens Brynjolfsson & McAfee (2014) leven we momenteel in het tweede machinetijdperk, het tijdperk van de denkende machine, oftewel het IT-tijdperk. Dit tijdperk kenmerkt zich door de rationalisering en automatisering van fysieke arbeid én denkkracht, zowel binnen de maakindustrie als de dienstensector. Digitalisering en het internet maken nieuwe manieren van het organiseren van productie, arbeid en consumptie mogelijk. De bovengenoemde uitspraak van Goodwin (2014) illustreert dat op treffende wijze.

Paragraaf 2.1 beschrijft enkele kenmerkende trends van de IT-revolutie, zoals compressie en convergentie. Daarbij schenkt deze paragraaf ook uitgebreid aandacht aan een van de convergenties van IT die op dit moment veel aandacht krijgt: het Internet of Things (IoT) of het Internet der Dingen. Een laatste trend is de informatisering van ons wereldbeeld waarin programmeerbaarheid en manipuleerbaarheid centraal staan.

Technologische revoluties zijn meer dan een verzameling van technologische uitvindingen en brengen nieuwe economische, sociale en politieke verhoudingen met zich mee. Omdat technologie juist in interactie met maatschappelijke processen haar transformerende kracht krijgt, beschrijft paragraaf 2.2 vervolgens hoe IT nieuwe manieren van organiseren van productie, arbeid en consumptie mogelijk maakt. Daarbij vindt een vergelijking plaats met het eerste machinetijdperk, waarin de industrialisering, rationalisering en mechanisering van fysieke arbeid centraal stond. Paragraaf 2.3 zet tot slot de belangrijkste bevindingen ten aanzien van de IT-revolutie en de transformaties die hierin plaatsvinden op een rij.

13 Deze titel verwijst rechtstreeks naar het thema van het Jaarboek ICT en Samenleving 2012 (Prins et al. 2012).

Dit hoofdstuk biedt zeker geen volledig beeld, maar wil de lezer een denkraam bieden om zowel vanuit technologisch, economisch als organisatorisch perspectief naar deze IT-revolutie te kijken. Daarmee wil dit hoofdstuk laten zien waarom de interessante ontwikkelingen die door Goodwin naar voren worden gebracht juist nu plaatsvinden.

2.1 Kenmerkende trends van de IT-revolutie

Het huidige tijdsgewricht wordt sterk bepaald door informatietechnologie (IT). IT wordt – net zoals stoom of elektriciteit in het eerste machinetijdperk – op ontelbare manieren ingezet. Men spreekt van een generieke technologie *(general purpose technology)* (Bresnahan & Trajtenberg 1995) die niet alleen vele nieuwe producten mogelijk maakt, maar op den duur invloed heeft op tal van maatschappelijke processen. IT is alom aanwezig in onze maatschappij en ontwikkelt zich steeds verder. Deze paragraaf schetst de dynamiek van IT aan de hand van diverse fenomenen: compressie, convergentie, hyperconnectiviteit (Oortmerssen 2012) en informatisering van ons wereldbeeld.

Compressie (miniaturisering)
De transistor is de fundamentele bouwsteen van iedere chip en staat daarmee aan de basis van iedere IT-toepassing. De afgelopen vijftig jaar is het aantal transistors op een chip ongeveer iedere anderhalf tot twee jaar verdubbeld. Deze trend van verkleining of compressie wordt de Wet van Moore genoemd, en heeft er de afgelopen decennia voor gezorgd dat computers steeds kleiner, krachtiger en betaalbaarder zijn geworden.

In de jaren zeventig waren grote mainframe computers slechts betaalbaar voor overheden en bedrijven en alleen door computerexperts te bedienen. Nu lopen miljarden mensen met een smartphone rond. Ook andere apparaten zijn kleiner geworden. Versnellingsmeters waren eerst zo groot als een schoenendoos en wogen een kilogram. Nu zijn ze een paar kubieke millimeters groot en zitten ze in elke smartphone (om te meten of de gebruiker ermee schudt, zodat bijvoorbeeld de afspeellijst wordt geshuffeld). Dataopslag is tevens grondig veranderd (Poort 2014). Eind jaren tachtig kostten cd-branders nog zo'n honderdduizend dollar, maar al in het midden van de jaren negentig werden ze betaalbaar voor consumenten. De usb-stick verscheen begin jaren 2000 op de markt en sinds 2008 is Dropbox beschikbaar en kunnen we onze data via het internet in de cloud bewaren. Door de langdurige exponentiële groei van rekenkracht, opslagruimte en rekensnelheid zijn de toepassingsmogelijkheden van IT sterk uitgebreid. Denk aan IT-hardwareproducten zoals laptops, smartphones, digitale camera's, betaalautomaten en 3D-printers, of aan software zoals ontwerpsoftware, sociale media, tekstverwerken, e-mail, zoekprogramma's en navigatie.

Verkleining is maar een van de mogelijke verbeteringen van de chip. Tal van andere uitdagingen liggen nog op tafel, bijvoorbeeld op het gebied van

energiebesparing of het maken van complexe chips. Het gaat dan om zogenaamde micro-elektromechanische systemen (mems), zoals lab-on-a-chips of versnellingsmeters.

Kader 2 Grenzen aan de Wet van Moore

De Wet van Moore is gebaseerd op een voorspelling uit 1965 van Gordon Moore, een van de oprichters van technologiebedrijf Intel. Moore voorspelde dat het aantal transistors op een microchip, en daarmee de rekenkracht van computers, elke twee jaar zou verdubbelen, terwijl de kosten gelijk zouden blijven. Vijftig jaar later blijkt de Wet van Moore nog steeds op te gaan. Het betreft geen letterlijke wetmatigheid, maar een verwachting over de snelheid van technologieontwikkeling, die de wereldwijde halfgeleiderindustrie zichzelf via vrijwillige technologische afspraken oplegt.[14] Er is daarom geen zekerheid over hoe snel deze technische vooruitgang in de toekomst zal verlopen.

Hoewel duidelijk is dat de continue verkleining van chips eens tegen fysieke grenzen aan zal lopen, gaat de elektronica-industrie ervan uit dat de wet van Moore het komende decennium gewoon zal blijven gelden (IEEE Spectrum 2015). Na die tien jaar is het de vraag of er nog meer transistors op een chip gebouwd kunnen worden. Op dit moment zijn de transistors ongeveer 14 nanometers groot (een nanometer is een miljardste van een meter!) en Intel voorspelt dat ze nog tot 5 nanometer kunnen gaan; daarna wordt wellicht overgestapt op de 3D-chips (stapelen dus). Tegelijkertijd geldt: hoe kleiner de transistors worden, hoe duurder ze zijn. De Wet van Moore kan in de toekomst mogelijk dus niet houdbaar blijken, omdat de productiekosten enorm toenemen. Of er komen nieuwe technologieën voor in de plaats. Bijvoorbeeld chips die niet meer zijn gebaseerd op siliconen, maar op heel andere optische, nano of zelfs biologische principes. Als dit gebeurt, is het de vraag of de nieuwe technologie – die de voorspelling van de Wet van Moore verder moet dragen – wel op tijd commercieel beschikbaar (en dus betaalbaar) zal zijn. Het kan dus zijn dat er over tien jaar een periode van langzame innovatie en groei aanbreekt (Atkinson 2004). Maar het kan ook zijn dat over een aantal jaren de snelheid van de processor (en dus de microchips) in een computer minder relevant wordt door de opkomst van *cloud computing*. Misschien wordt de Wet van Moore dus wel irrelevant in de toekomst.[15]

---

14 Het gaat hier om de International Technology Roadmap for Semiconductors (zie http://www.itrs.net/).

15 http://www.economist.com/blogs/economist-explains/2015/04/economist-explains-17

Convergentie

In *The Rise of the Network Society* geeft Castells (1996) aan dat technologische convergentie een belangrijk kenmerk is van de informatierevolutie. Oftewel, IT mengt zich met reeds bestaande technieken en processen. Hier noemen we vier cruciale convergenties (zie Tabel 1).

Een eerste vorm van convergentie is de digitalisering van productieprocessen. Hier gaan mechanica en elektronica samen (mechatronica). De intrede van automatisering en robots heeft het werk in talloze fabrieken radicaal veranderd en zal dat de komende jaren blijven doen.

De tweede vorm van convergentie is de digitalisering van communicatieprocessen. Hier gaan informatie- en communicatietechnologieën samen; daarom spreekt men van ICT. Deze convergentie leidde in de jaren negentig tot de opkomst van het internet. Het internet ontwikkelde zich door de jaren van een informatiebron tot interactief medium voor gebruikers. Door de opkomst van mobiele technologie, met name de smartphone, kunnen wereldwijd bijna twee miljard mensen gebruikmaken van tal van mobiele internetdiensten.

Het internet veranderde en verandert nog steeds op vele terreinen – zoals muziek, media, detailhandel, hotelbranche – drastisch de omgang tussen bedrijven en consumenten. Volgens vele IT-bedrijven en overheden zal de komende tien tot twintig jaar het Internet der Dingen (ook wel industriële internet genoemd) tot volle bloei komen. De derde convergentie betreft dan ook een verregaande convergentie, die van het internet met de fysieke wereld. Fysieke producten krijgen een internetadres (IP-adres) en kunnen worden uitgebreid met sensoren, rekenkracht en communicatiemogelijkheden. Zodoende kunnen digitale diensten aan producten worden gekoppeld. Door de totstandkoming van het Internet der Dingen, of Internet of Things, wordt de fysieke wereld op die manier één groot informatiesysteem.

Een vierde vorm van convergentie is de zogenaamde NBIC-convergentie: een steeds sterkere verwevenheid tussen de natuur- (nanotechnologie en informatietechnologie) en de levenswetenschappen (biotechnologie en cognitieve technologie) (Est 2014). Deze convergentie komt tot uiting in twee trends: ‘biologie wordt steeds meer technologie’ en ‘technologie wordt steeds meer biologie’. De eerste trend houdt in dat levende systemen steeds meer als maakbaar worden gezien. Voorbeelden hiervan zijn genetisch aangepaste stieren of diepe hersenstimulatie om het heftig trillen van parkinsonpatiënten te verminderen. Bij de andere trend, die van ‘technologie wordt biologie’, laten technici zich inspireren door de biologie; men spreekt wel van *biomimetica*. Voorbeelden hiervan zijn artefacten zoals zelfreinigende ramen (gebaseerd op het blad van de lotus) en sociale robots (gebaseerd op het volgen van sociaal menselijk gedrag).

Tabel 1 Overzicht van vier cruciale IT-convergenties.

Convergentie	Gebieden die convergeren	Digitalisering van
Mechatronica (robotica)	Mechanica & elektronica	Productieprocessen
ICT (incl. internet en mobiele telefonie)	IT & communicatietechnologie	Informatie- en communicatie-processen
Internet der Dingen (info en nano)	Internet & fysieke wereld (convergentie van bits met atomen)	Waardeketens
NBIC-convergentie (nano, bio, info en cogno)	IT en biologie	Leven

Rathenau Instituut

Hyperconnectiviteit en het Internet der Dingen

Via het Internet der Dingen, de derde vorm van convergentie zoals hierboven beschreven, kunnen niet alleen mensen met mensen, maar ook mensen met machines en machines onderling (M2M) communiceren: van horloges en sleutels tot schoenen, auto's en gebouwen. Oftewel, er is sprake van hyperconnectiviteit. Voorwaarden hiervoor zijn dat deze producten een IP-adres hebben en slim zijn: ze moeten sensoren en rekenkracht bezitten en eventueel de mogelijkheid hebben om te handelen. Voorbeelden zijn slimme meters waardoor een energiebedrijf op afstand het elektriciteitsverbruik kan aflezen, slimme schoenen die je sportprestaties met andere lopers delen of coöperatieve auto's.

Deze ontwikkeling biedt de mogelijkheid om allerlei digitale diensten toe te voegen aan fysieke producten (Fleisch et al. 2014). Daarnaast breidt het internet zich door dergelijke slimme apparaten flink uit: het krijgt als het ware 'zintuigen' (sensoren) en 'handen en voeten' (actuatoren). Daarom spreekt men ook wel van het *'internet of robotic things'* of over de trend van '*internet to robotics'* (Asada et al. 2009). Robots zijn zodoende enerzijds een belangrijke schakel binnen het Internet der Dingen. Anderzijds krijgt het internet zelf de trekken van een gigantisch robotica-systeem (Royakkers et al. 2012).

Het Internet der Dingen staat nog in de kinderschoenen, vergelijkbaar met het internet aan het einde van de jaren negentig. Diverse denkers, grote IT-bedrijven (zoals GE, Cisco, Intel, Siemens en het Chinese Huawei) en overheden ondersteunen deze ontwikkeling onder verschillende noemers. Rifkin denkt (2014) dat het Internet der Dingen zal leiden tot een totaal andere economie en samenleving. Door digitalisering en internet zijn de kosten voor het maken en verspreiden van bijvoorbeeld een extra e-boek, muziekalbum of film bijna nihil. Het Internet der Dingen zal ervoor zorgen dat ook de zogenaamde marginale kosten

van tal van fysieke producten, zoals de productie van een extra kilowattuur, haast naar nul zullen gaan (Rifkin 2014). Dit disruptieve, maar voor velen toch aantrekkelijke toekomstbeeld, heeft zowel op Europees als Chinees beleidsmatig niveau flink wat invloed. In Duitsland spreekt men van *'Industrie 4.0'* (Kagermann et al. 2013) en in Nederland van 'smart industry' (FME et al. 2014). General Electric spreekt van het *'Industrial Internet'* (Evans & Annunziata 2012) en ziet dat als het samenkomen van de industriële revolutie (machineparken, fysieke infrastructuur) en de internetrevolutie (slimme apparaten, netwerken en besluitvorming). Dit biedt allerlei mogelijkheden. Een treinfabrikant kan besluiten alle bewegende onderdelen van nieuwe treinen te voorzien van sensoren om via het internet zijn treinenpark te monitoren en zo de onderhoudskosten te verlagen. Er ontstaat dan een 'slim treinenpark'. Andere toekomstbeelden die onder de noemer 'slim' en Internet der Dingen naar voren worden geschoven, zijn: slimme energienet-werken, *smart mobility* (o.a. zelfsturende auto), *smart homes*, digitale oliewinning, robotmijnbouw, *smart farming*, slimme steden. IBM spreekt zelfs van *'building a smarter planet'*.[16] In al deze nieuwe technologische systemen staat (ook) het efficiënter werken door de inzet van dataverzamelings- en analyse-technieken centraal.

Het is onzeker op welke wijze en hoe snel dergelijke toekomstbeelden realiteit zullen worden. Volgens een enquête van het World Economic Forum (WEF 2015, p. 8) denkt driekwart van de respondenten dat het Internet der Dingen reeds binnen vijf jaar ontwrichtende gevolgen voor hun bedrijfstak zal hebben. De Deutsche Bank meent dat de marktinvloed van het Internet der Dingen pas over tien jaar echt tastbaar wordt (Heng 2014, p.12). Ten eerste zijn nog veel ondernemers onbekend met deze nieuwe ontwikkeling. Daarnaast zijn er tal van onzekerheden en uitdagingen (zie o.a. Heng 2014; Fleisch et al. 2014; Broadbent et al. 2013). Zoals: Wat zijn de businessmodellen? Wanneer is het mobiele netwerk goedkoop en snel genoeg (het vereiste 5G-netwerk zal pas na 2020 in de lucht zijn)? Hoe te zorgen voor een veilig Internet der Dingen? Hoe zal de samenwerking tussen de industriële en internetcultuur verlopen? Hoe verloopt de strijd om de big data (het nieuwe goud)? En hoe kan de privacy van klanten worden gewaarborgd?

Informationele wereldbeeld

Een vierde kenmerkend fenomeen van de IT-revolutie is het achterliggende informationele wereldbeeld. Binnen dit wereldbeeld, deze 'cybernetische' visie, staan programmeerbaarheid en manipuleerbaarheid centraal (De Mul 1999). Binnen de cybernetica kunnen zowel de mechanische, organische, cognitieve en sociale processen als informationele processen, in digitale termen beschreven worden. Wanneer het lukt om processen te simuleren via computerprogramma's, dan wordt het ook mogelijk om ze na te bootsen of te manipuleren. Een voorbeeld hiervan is de digitale fotografie (Ismail et al. 2014,

16 http://www.ibm.com/smarterplanet/nl/nl/

p. 28-29). Op het moment dat we foto's digitaal hebben, kunnen we ze digitaal bewerken, denk aan fotoshoppen of taggen via gezichtsherkenningstechnologie. Met het digitaliseren van foto's verandert er echter veel meer. Foto's komen los van fotopapier en kunnen eenvoudig reizen tussen de virtuele en de fysieke wereld. De marginale kosten van het maken van een extra foto en de kosten van opslag en het delen van foto's dalen tot bijna nul. De digitale fotografie had negatieve gevolgen voor alle onderdelen van de fotomarkt: camera's, filmrolletjes, ontwikkelprocessen, distributie, marketing, opslag en de culturele en sociale betekenis van fotografie.

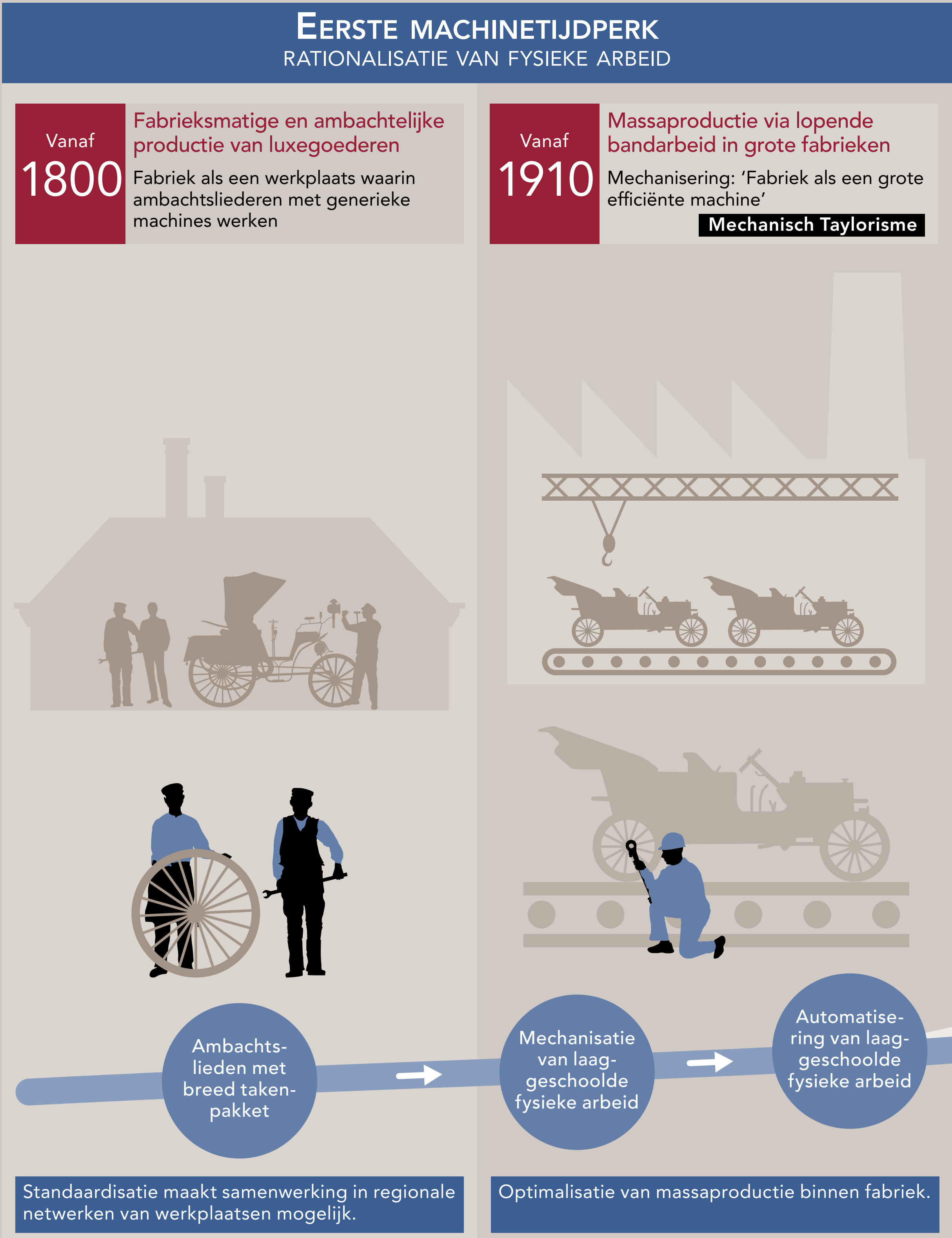
IT als *enabling* technologie maakt het mogelijk producten en processen te digitaliseren. Banken digitaliseren het geldverkeer, Google de informatievoorziening, Facebook en LinkedIn onze sociale interacties en Uber het contact tussen taxichauffeur en taxiklant. Deze voorbeelden tonen dat digitalisering enorme consequenties kan hebben voor de wijze waarop we sociale en economische processen organiseren. IT wordt daarom regelmatig als een disruptieve, ontwrichtende innovatieve kracht gekenmerkt (Christensen 1997). Rifkin (2014) voorziet zelfs het einde van onze kapitalistische samenleving: in de *zero marginal cost society* die aan het ontstaan is, wordt de markt steeds minder van belang (zie ook Hoofdstuk 4).

2.2 Organisatorische kenmerken van de IT-revolutie

De IT-revolutie maakt nieuwe manieren van organiseren van productie, arbeid en consumptie mogelijk. Deze paragraaf vergelijkt de organisatorische veranderingen als gevolg van de IT-revolutie in het huidige tweede machinetijdperk, waarin machines denkkracht leveren, met de organisatorische veranderingen binnen het eerste machinetijdperk, waarin machines spierkracht leverden (Brynjolfsson & McAfee 2014). Daarbij komen vier door Lipsey et al. (2005) genoemde algemene organisatorische technologieën ter sprake: 1) fabrieksmatig ambachtelijk werken en standaardisatie (vanaf 1800), 2) massaproductie (vanaf 1910), 3) *lean production* (vanaf 1980) en 4) internet (vanaf 1995).

De notie van rationalisering vormt een rode draad in dit verhaal. Rationalisering houdt in dat efficiëntie, voorspelbaarheid, berekenbaarheid en controle door vervanging van menselijk handelen door technologie als dominante culturele waarden worden gezien (Ritzer 1983). Rationalisering kan vele voordelen hebben, zoals minder verspilling van materiaal, hogere arbeidsproductiviteit, betere kwaliteit en lagere kosten van producten, minder smerig, gevaarlijk of saai werk en het creëren van nieuwe interessantere banen. Maar er kunnen ook nadelen zijn, zoals het directe verlies van banen of het 'uitkleden' van banen en het ondermijnen van de status en vaardigheden van arbeiders. Deze paragraaf stelt daarmee ook de vraag in hoeverre rationalisering van productie, arbeid en consumptie in het eerste machinetijdperk, verschilt van en overeenkomt met rationalisering in het huidige tweede machinetijdperk.

Figuur 2 Overzicht organisatorische kenmerken in het eerste en tweede machinetijdperk



TWEEDE MACHINETIJDPERK
RATIONALISATIE VAN COGNITIEVE ARBEID

Vanaf 1980

Computer maakt automatisering van diensten mogelijk

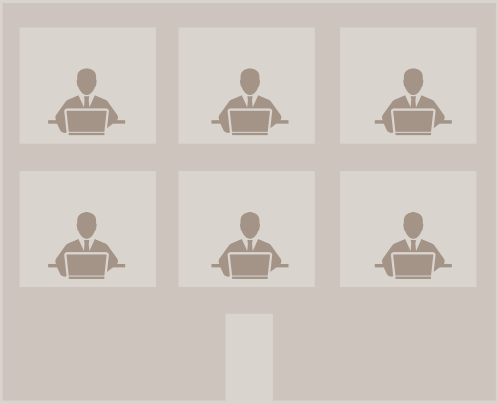
Digitalisering fysiek en kenniswerk: integratie digitale en menselijke arbeid **Digitaal Taylorisme**

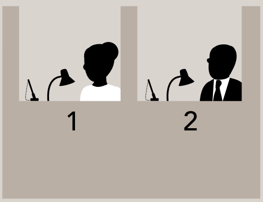
Vanaf 1995

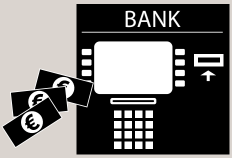
Internet versterkt internationalisering en platformisering arbeid

Digitalisering waardeketens: 'Wereld als een grote efficiënte (slimme) machine'









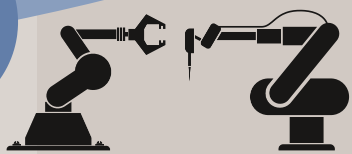


Hoog-geschoold kenniswerk ook geauto-matiseerd?

Robotica niet alleen meer in fabriek, ook in huis of zorg

Automatisering van middelhoog kenniswerk

Robotisering, ook van ingewikkelder fysieke arbeid



Optimalisatie mondiale productieketens via regionale outsourcing en offshoring laaggeschoolde arbeid naar lagelonenlanden.

Optimalisatie mondiale waardeketens via offshoring van laag- én hooggeschoolde arbeid, reshoring hooggeautomatiseerde productie. Crowd sourcing via on-demand kenniswerk.

We zien historisch een continue zoektocht naar hoe productie, arbeid en consumptie op een efficiëntere manier georganiseerd kunnen worden. In de geschiedenis zien we het denken over rationalisering onder invloed van generieke technologieën vier keer radicaal veranderen. Deze paragraaf beschrijft deze vier manieren (zie tabel 2 en figuur 2).

Tabel 2 Overzicht van enkele generieke organisatorische technologieën die invloed hebben gehad op de organisatie van productie, arbeid en consumptie.

Tijdperk / typen machines (vgl. Brynjolfsson & McAfee 2014)	Tijdsperiode	Generieke organisatorische technologieën (vgl. Lipsey et al. 2005)
Eerste machinetijdperk: machines die spierkracht leveren	Vanaf 1800	Fabrieksmatig werken en ambachtelijke productie van luxegoederen
	Vanaf 1910	Massaproductie en -consumptie
Tweede machinetijdperk: machines die denkkracht leveren	Vanaf 1980	Lean production en massa-personalisatie
	Vanaf 1995	Digitale interneteconomie

Rathenau Instituut

Fabrieksmatige en ambachtelijke productie van luxe goederen
Aan het einde van de negentiende eeuw moesten mensen gefortuneerd zijn om een auto te kunnen kopen. Er waren destijds een handjevol fabrikanten waarbij de rijke klant een auto op maat konden laten bouwen. De organisatie van het werk zag er ongeveer als volgt uit (Subirana et al. 2006). De werkplaatsen die betrokken waren bij het maken van zo'n auto, werden bevolkt door hooggeschoolde arbeidskrachten. Deze arbeidskrachten begonnen gewoonlijk als leerling en ontwikkelden zich tot een allround vakman die een breed takenpakket kon uitvoeren. Door standaardisering van specifieke onderdelen kon het maken daarvan worden uitbesteed aan machinewerkplaatsen in de regio, die gebruikmaakten van generieke werktuigmachines die voor allerlei bewerkingen konden worden ingezet. De genoemde fabrikanten maakten minder dan duizend auto's per jaar en zelden werden er meer dan vijftig dezelfde auto's gemaakt.

Ook op dit moment zijn er nog steeds ondernemers die op kleine schaal auto's produceren. Het Nederlandse familiebedrijf Donkervoort Automobielen levert bijvoorbeeld op maat gemaakte sportauto's zonder elektronische hulpmiddelen (Gollin 2011). IT helpt alleen bij de bedrijfsvoering, het ontwerp van auto-modellen en de mondiale marketing.

Massaproductie en massaconsumptie

Aan het begin van de twintigste eeuw ontstond een geheel nieuwe kijk op produceren en consumeren. Henry Ford was daarvan een van de grondleggers. Het bijbehorende socio-economische paradigma wordt vaak aangeduid met Fordisme. De crux daarvan is een symbiotische relatie tussen massaproductie en massaconsumptie; om massaconsumptie mogelijk te maken, dienen producten betaalbaar te zijn en arbeiders voldoende te verdienen. Deze conditie legde de basis voor een cultuur van consumentisme: niet langer verschafte alleen de kunst om iets te maken status, maar ook het feit dat iemand in staat was iets te kopen. Ford wilde een auto maken die voor arbeiders betaalbaar was, weinig onderhoud vroeg en makkelijk te bedienen was. Daarom zocht hij naar een wijze van produceren die efficiënter was dan het bestaande ambachtelijke maakproces.

Die vond hij in het gebruik van de bewegende lopende band, waarmee op een systematisch doordachte manier een standaardauto stuk voor stuk in elkaar gezet kon worden. Door het productieproces onder te verdelen in simpele deelactiviteiten kon voor de meeste taken worden volstaan met laaggeschoolde arbeiders. Deze verstrekkende versimpeling en specialisering van het werk maakte het mogelijk om bepaalde onderdelen van de productie te mechaniseren en later in de tweede helft van de twintigste eeuw te robotiseren. Ingenieurs mechaniseerden niet slechts deelprocessen, maar stelden zich ten doel om de fabriek als 'een grote efficiënte machine' te herontwerpen. Frederick Taylor (1856- 1915) was een van deze werktuigbouwkundig ingenieurs en gebaseerd op zijn werk (1911) ontwikkelde zich een wetenschappelijke visie op deze vorm van bedrijfsvoering, het zogenaamde *scientific management* of Taylorisme. Met de stopwatch in de hand werden prestaties van arbeiders gemeten om zo de productiviteit te verbeteren[17]. In het ambachtelijke maakproces zat de kennis die nodig was om een productie te maken met name in het hoofd van de ambachtsman. Door het Taylorisme is het vooral de manager die kennis van de organisatie van het productieproces. Zodoende is een deel van de lastig overdraagbare *tacit knowledge* van de ambachtsman plaatsgemaakt voor de meer expliciete, gecodificeerde kennis van de manager. Karakteristiek werd de hiërarchische bureaucratische managementstructuur, met een duidelijke scheiding tussen fysieke arbeid en kenniswerk.

Aan het begin van de twintigste eeuw omarmden Amerikaanse fabrikanten het Taylorisme om de groei van de productiviteit te bewerkstelligen, maar ook om de macht van de vakbond te verminderen (Montgomery 1979, p. 27). Gedurende de eerste helft van de twintigste eeuw raakten Fordisme en

17 Naar aanleiding van het scientific management zijn ook vragen ontstaan over de effecten op baankwaliteit en taakverarming. De effecten van rationalisering en automatisering op baankwaliteit maakt dan ook onderdeel van een doorlopende discussie.

Taylorisme ook in andere westerse landen, waaronder Nederland, breed geaccepteerd (Lintsen 2015). Door de jaren heen is dit gedachtengoed continu vernieuwd. IT biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid om eenvoudige deelactiviteiten niet alleen te mechaniseren, maar tevens te automatiseren of robotiseren. Volgens Ritzer (1983, p. 105) is robotisering de ultieme manier om sociale praktijken te rationaliseren en de afhankelijkheid van mensen te minimaliseren. In hooggeautomatiseerde industrieën, zoals de levensmiddelenindustrie, wordt binnenkort wellicht de visie van een volledig autonome fabriek, een zogenaamde 'megarobot', realiteit (FME et al. 2014, p. 19). Zo'n megarobot verwerkelijkt het ideaal van de fabriek als een grote efficiënte machine. In Nederland geldt de hooggeautomatiseerde scheerapparatenfabriek van Philips in Drachten als voorbeeld om aan te geven dat *reshoring* van de maakindustrie via *smart manufacturing* mogelijk is, en dat productie dus niet per definitie hoeft plaats te vinden in lagelonenlanden.

Lean production en massapersonalisatie

Voor de meeste industriële praktijken ligt een steeds sterkere samenwerking tussen digitale en menselijke arbeidskrachten meer voor de hand dan volledige automatisering (WEF 2015, p. 17). Deze aanpak staat bekend als lean production. Net als bij het Taylorisme staat ook hier het streven naar kostenreductie en een hogere efficiëntie centraal.

Lean production werd in de jaren vijftig ontwikkeld door Toyota, gestimuleerd door de naoorlogse materiële schaarste in Japan. Volgens Womack et al. (1990, p. 13) combineert deze aanpak de voordelen van ambachtswerk en massaproductie, doordat het de hoge kosten van de eerste en de starheid van de laatste vermijdt. Bij *lean management* staan de wensen van de klant en het tegengaan van verspilling centraal (Deming 1986). Er zijn vier kernprincipes: teamwork, communicatie, efficiënt gebruik van grondstoffen en talenten, en continue verbetering *(kaizen)*. Ingenieurs, programmeurs en arbeiders werken samen in zelfsturende teams. Hierdoor vervagen klassieke Tayloristische scheidslijnen tussen mentale en fysieke taken en tussen onderzoek, productontwerp en productieproces. De fabrieksvloer wordt een soort laboratorium waar steeds aan het productieproces en product wordt gesleuteld.

Gestimuleerd door de economische crisis en de opkomst van IT breekt lean management begin jaren tachtig door in Amerika en Europa. Digitalisering van het productieproces levert tal van mogelijkheden om het productieproces nauwkeurig in kaart te brengen. Denk aan *manufacturing resources planning* (MRP) om het materiaalgebruik te monitoren of statistische procescontrole (SPC). Dit soort informatie kan gebruikt worden om producten en het productieproces te verbeteren, bijvoorbeeld om verspilling van materiaalgebruik tegen te gaan. Japanse bedrijven zijn van oudsher gewend hun werknemers toegang te geven tot zulke informatie (Kagono et al. 1985, p. 112-113). Een dergelijk bedrijf is als het ware een *open source community*, waarbinnen teams van

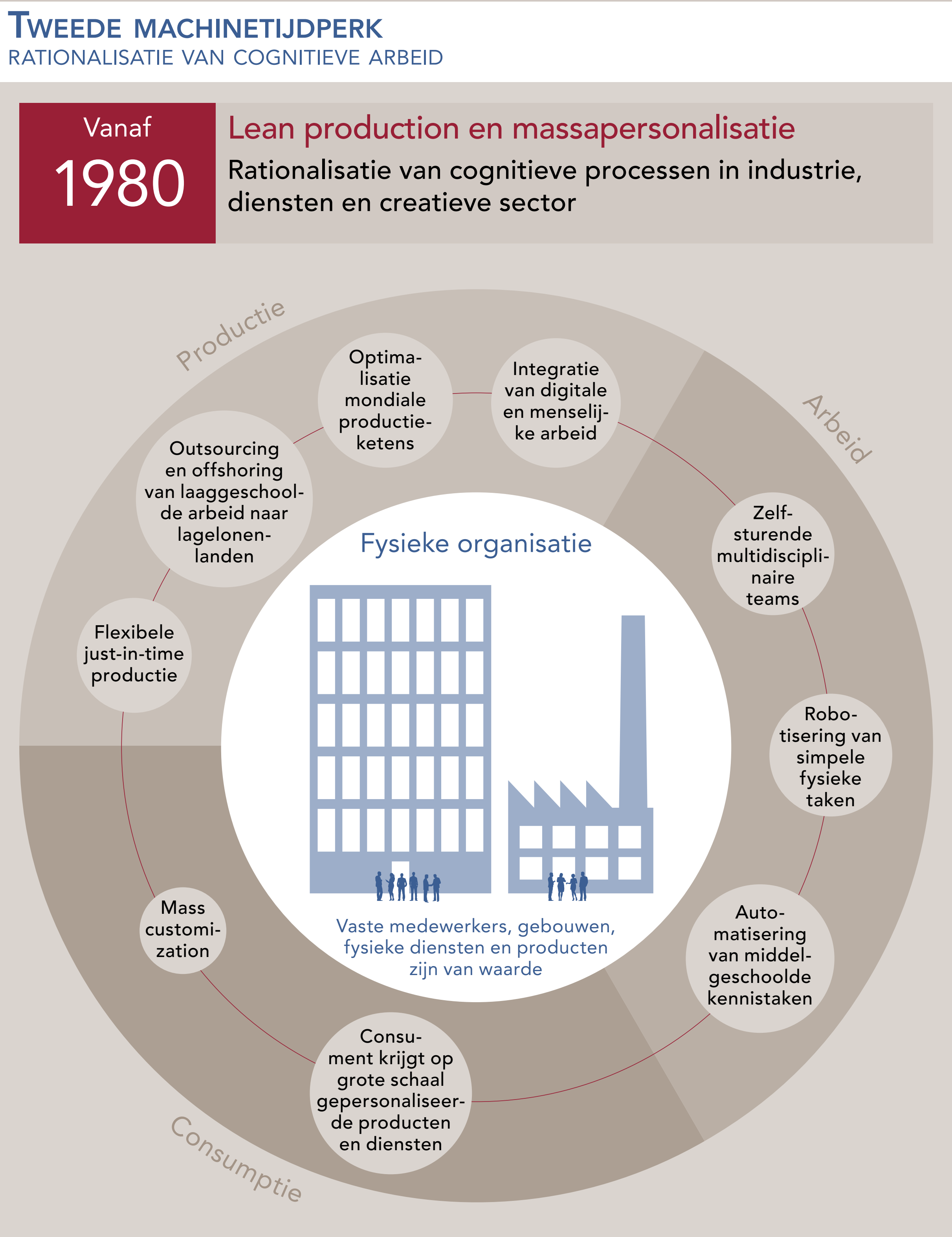
werknemers zelf naar de ideale interactie tussen digitale en menselijke arbeid kunnen zoeken (vgl. WEF 2015, p.7).

De inzet van lean management in het Westen viel samen met de toenemende mondialisering van de economie in de jaren tachtig en negentig. Het ging niet langer meer alleen om optimalisatie van productieketens binnen de fabriek, maar om het optimaliseren van mondiale productieketens. Het verder opknippen van productietaken maakte namelijk zowel specialisering als verplaatsing van productie mogelijk. Naast regionale *outsourcing* komt mondiale *offshoring* op: het verplaatsen van een vestiging, en dus arbeid, naar een lagelonenland. Dit betrof aanvankelijk laaggeschoolde fysieke arbeid met weinig toegevoegde waarde. Er komt ook meer aandacht voor de wensen van de klant. Terwijl de T-Ford maar in één model en één kleur (zwart) werd geleverd, kun je op dit moment bijvoorbeeld honderden verschillende soorten BMW mini's bestellen. De BMW mini wordt namelijk pas na bestelling door de klant in de fabriek gemaakt. Men spreekt van *just-in-time* productie en massapersonalisatie (of *mass customisation*), die wordt mogelijk gemaakt door flexibele computergestuurde productieprocessen.

In de jaren tachtig komt ook de dienstensector in de greep van lean management en het bijbehorende industriële efficiëntiedenken. IT speelt daarbij een aanjagende rol. De dienstensector in Amerika neemt maar liefst 88 procent van de 1.000 miljard dollar die het bedrijfsleven in dat decennium in IT investeert voor haar rekening (Rifkin 1995, p. 91). Met name de bankensector – bankieren is een groot informatiebeheersproces – verwacht veel effect van het automatiseren van allerlei taken, zoals het beheren van bankrekeningen en overboekingen. Managers willen IT inzetten om het bedrijfsproces te rationaliseren en ook om meer controle over het personeel te krijgen (Edwards 1994). Het management van de Britse bankensector wil bijvoorbeeld een industrieel productiemodel in plaats van het bestaande ambachtelijke meester-leerlingstelsel. In de jaren tachtig blijft de gehoopte productiviteitsgroei echter uit. Dit fenomeen is bekend geworden als de productiviteitsparadox, ook wel de Solow-paradox genoemd, naar de econoom en Nobelprijswinnaar Robert Solow (1987) (meer hierover in Hoofdstuk 4).

Het Taylorisme is sinds het begin jaren tachtig dus ook van invloed op de dienstensector. Brown et al. (2008; 2011) spreken van *digitaal Taylorisme*. Analoog aan de maakindustrie aan het begin van twintigste eeuw, wordt nu de 'ambachtelijke' dienstensector opnieuw doordacht en waar mogelijk opgesplitst in simpele deeltaken, die eenvoudig geoutsourced, geoffshored of geautomatiseerd kunnen worden. Automatisering breidt zich daarmee uit van simpel fysiek werk (robotisering) naar kenniswerk van midden- en zelfs hooggeschoold personeel (Frey & Osborne 2013).

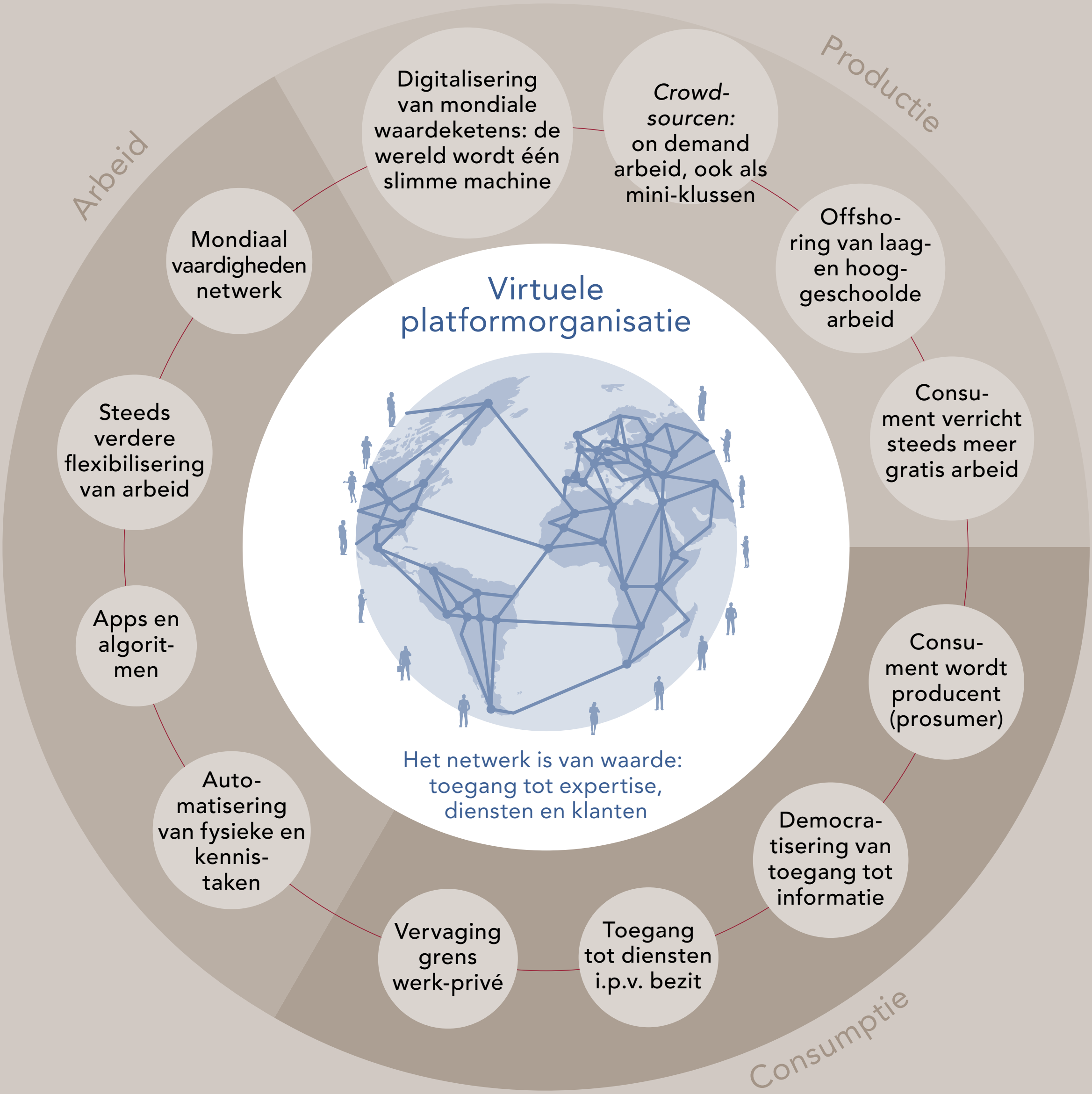
Figuur 3 Overzicht organisatorische kenmerken van het tweede machinetijdperk



Vanaf 1995

De digitale interneteconomie

Rationalisatie van mondiale waardeketens, via high precision management zicht op productie en consumptie



De digitale interneteconomie[18]

Sinds het begin van deze eeuw zijn er vele nieuwe digitale middelen gekomen om niet alleen het productieproces binnen de fabriek nauwkeuriger te volgen, maar ook zicht te krijgen op consumentengedrag en de manier waarop producten buiten de poort van de fabriek worden ingezet. Optimalisatie richt zich daarom niet meer alleen op productieketens, maar op de gehele waardeketen (zie ook Figuur 3 voor een overzicht van de verschillen tussen de periode vanaf 1980 en vanaf 1995, en tabel 3 voor een overzicht vanaf 1800). De inzet van bijvoorbeeld RFID, GPS en videocamera's leidt tot een evolutie van lean management naar zogenaamde *high-resolution management* (Subirana et al. 2006, p. 11) of precisiemanagement. Er komen steeds meer data beschikbaar over alle onderdelen van de waardeketen, waardoor de processen van de waardeketen nog efficiënter kunnen worden georganiseerd. Met name sterk gedigitaliseerde omgevingen – Floridi (2014) spreekt van ICT-vriendelijke omgevingen – maken precisiemanagement op basis van de analyse van grote datastromen *(big data)* mogelijk. Zo'n digitale omgeving kan een fabriek of een pakhuis zijn. De Franse journalist Malet (2013) beschrijft hoe hij als tijdelijke medewerker van Amazon via zijn scanner met wifi iedere seconde werd gemonitord.

Ook het gedrag van netgiganten, zoals Google en Facebook, die via internet *real-time* zicht krijgen op het gedrag van consumenten, is een voorbeeld van dergelijk precisiemanagement. Op basis van klikgedrag profileert Google gebruikers, genereert reclames op maat, meet direct het effect en maakt op basis daarvan de rekening van haar reclameklanten op. Deze mogelijkheden om producten en mensen in de fysieke wereld te volgen, breiden ook buiten de fabriek snel uit. Denk aan winkeliers die met behulp van *wifi-tracking* hun klanten volgen. Via het Internet der Dingen kan het precisiemanagment volgens Fleisch et al. (2014) straks in de gehele fysieke wereld ingezet worden. Vanwege deze enorme reikwijdte is een van de grote beloften van het Internet der Dingen het tegengaan van verspilling en inefficiënties op systeemniveau, oftewel het niveau van (soms wereldwijde) productstromen, machineparken, energienetwerken en transportvloten (Evans & Annunziata 2012, p. 5).

De opkomst van het wereldwijde web heeft sinds het midden van de jaren negentig het proces van globalisering verder versterkt en de relaties tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en hun werknemers en klanten sterk veranderd. Cairncross (1997) vat dit samen met de gevleugelde term *'the death of distance'*. Via het internet kan arbeid makkelijker dan voorheen mondiaal verdeeld worden. Niet alleen laaggeschoolde productiearbeid wordt geoffshored, maar ook administratieve handelingen en hoogopgeleide taken met een hoge toegevoegde waarde, zoals programmeerwerk, product-

18 De term digitale economie werd voor het eerste gebruikt door Tapscott (1995).

ontwerp, design en R&D. Volgens Brown et al. (2008) ontstaat er een mondiaal vaardighedennetwerk waarin lagelonenlanden zowel laag- als hooggeschoolde mensen leveren. Brown et al. houden er daarom rekening mee dat Groot-Brittannië een hooggeschoolde maar tegelijkertijd laagbetaalde economie kan worden. IT heeft zodoende invloed op het vestigingsbeleid van bedrijven en dus ook op de plek waar arbeid plaatsvindt. Zo kunnen bedrijven via IT hun productontwerpprocessen rond de klok en de wereld organiseren: teams in Europa geven aan het eind van de dag het stokje over aan hun collega's in Amerika en die vervolgens aan hun collega's in Azië.

Vergaande automatisering biedt het bedrijfsleven inmiddels kansen voor reshoring: het terughalen van productie uit lagelonenlanden naar het Westen.[19] Het besluit om te reshoren hangt ook af van vele andere factoren, zoals loonkosten, transportkosten of coördinatiekosten. Zo zijn bijvoorbeeld de loonkosten in lagelonenlanden, zoals China, het laatste decennium fors zijn gestegen (WRR 2013). Dit in combinatie met een (internationale) roep om betere arbeidsomstandigheden – denk aan de Foxconn-fabrieken waar Apple-producten worden gemaakt (Hulst 2013) – stimuleert enerzijds robotisering in landen als China en anderzijds een verplaatsing van productie naar nieuwe lagelonenlanden. Maar creëert ook een context waarin reshoring een optie wordt.

Door internet verandert de relatie tussen werkgever en werknemer. De inzet van flexibele arbeid, in de vorm van nulurencontracten, oproepkrachten, tijdelijke contracten, uitzendkrachten en zzp'ers, neemt al jaren toe. Deze zogenaamde flexibele schil steeg tussen 2007 en 2014 van zo'n 20 tot 25 procent en zal in 2020 volgens verwachting zo'n 25 procent van de economie zijn (Ploeg & Vermeend 2014; zie ook Hoofdstuk 6). Door het mobiele internet zijn bijvoorbeeld de kosten van het vinden en inhuren van zzp'ers sterk verlaagd en is het aantal freelancers dat via apps op afroep beschikbaar is, sterk toegenomen (Noort 2015). De opkomst van deze *on demand*-economie wordt gefaciliteerd door internetplatformen die vraag en aanbod bij elkaar brengen. Uber is een van de bekendste internetplatformen (oftewel internet-

---

19 Er zijn bedrijven, zoals de VDL Groep, die er principieel voor hebben gekozen om hun productie door middel van hoogtechnologische middelen voor Nederland te behouden. Geloof in IT, in combinatie met de snelle achteruitgang van de Europese industrie, heeft geleid tot een beleidsdebat over de her-industrialisatie van Europa. De Europese Commissie pleit voor een Europese Industriële Renaissance (http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-42_en.htm) en heeft als doel het aandeel van de industrie te verhogen van ongeveer 15 procent in 2014 naar 20 procent van de Europese economie in 2020. Volgens Heymann & Vetter (2013, p. 4) is deze doelstelling echter extreem ambitieus.

makelaars) en brengt taxiklanten samen met taxichauffeurs in vaste dienst, maar ook met particulieren die in hun 'vrije tijd' oproepbaar zijn.[20]

De voorstanders van de on demand-economie zien vrije tijd als een groot reservoir van onbenutte denkkracht – Shirky (2011) spreekt van een 'cognitief overschot' – dat op allerlei manieren door bedrijven en mensen te gelde kan worden gemaakt (Ismail et al. 2014, p. 67). De tegenstanders zien economisering van vrije tijd als een doembeeld. Reich (2015) vreest voor een *Mechanical Turk*- economie,[21] waarin mensen voor een grijpstuiver op lukrake tijden geestdodende minitaken doen die overblijven nadat de meeste arbeid is geautomatiseerd (Manjoo 2015). Internet en mobiele telefonie zorgden reeds voor een grensvervaging tussen werk en privé. Indien bestaande bedrijven het platformmodel van de Mechanical Turk overnemen, zal de on demand-economie die grens nog verder doen vervagen. In Duitsland ontstond in 2012 grote publieke beroering toen een IBM-plan bekend werd om van 8.000 vaste werknemers zzp'ers te maken die dan vervolgens via een *crowdsourcing*-platform konden intekenen voor specifieke opdrachten (Oertel & Wagner 2013). Caldwell (2009) ziet het crowdsourcen van werk als het nieuwe outsourcen.

Door het internet is ook de relatie tussen bedrijven en klanten veranderd. Het internet maakt nieuwe businessmodellen mogelijk en biedt zodoende nieuwe antwoorden op vragen als: Wie is de klant? Wat waardeert de klant? Hoe kan de klant geholpen worden voor een geschikte prijs? (Magretta 2002) Op het moment dat IT het mogelijk maakt om een beter businessmodel in de markt te zetten, kan dat resulteren in een disruptieve innovatie. Het belang van het internet bij het genereren van nieuwe businessmodellen groeit gestaag sinds de jaren negentig en de meest disruptieve modellen zijn afkomstig uit de digitale industrie. Fleisch et al. (2014) laten zien hoe diverse fasen in de ontwikkeling van het internet leiden tot nieuwe typen businessmodellen. Tijdens de eerste fase van het internet – web 1.0 tussen 1995 en 2000 – begonnen bedrijven het internet als een onderdeel van hun infrastructuur te zien. Nieuwe digitale praktijken kwamen op, zoals e-commerce, open source, digitalisering, internet als een manier om beter zicht te krijgen op klanten en het weggeven van gratis producten (Freemium) om de verkoop van toegevoegde producten (Premium) mogelijk te maken, relevante data te verzamelen

---

20 In Nederland is UberPop verboden. Met Uberpop kan namelijk iedereen zich aanmelden om te werken als taxichauffeur met zijn of haar eigen auto. De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) heeft besloten dat dit niet mag omdat de chauffeurs egeen licentie en er dus sprake is van illegaal taxivervoer.

21 De term Mechanical Turk verwijst naar het internetplatform van Amazon waar mensen voor een klein bedrag een taak verrichten die menselijk oordeelsvermogen vraagt en nog niet door de computer kan worden verricht. Het gaat dan om labellen van foto's zodat ze makkelijker doorzoekbaar zijn, het classificeren van objecten op satellietfoto's, het checken van adresgegevens restaurants, etc.

of om reclame te verkopen. Rond 2005 kwamen enkele op web 2.0 gebaseerde businessmodellen op, waarbij gebruikers centraal stonden. Tal van nichemarkten werden rendabel door het internetfenomeen van de *long tail* dat draait om producten die niet in de schappen staan, maar waar wel klanten voor zijn (Anderson 2006). Lokale bandjes konden bijvoorbeeld hun muziek uploaden naar iTunes, zodat daar niet alleen meer de 'grote artiesten' te koop zijn; online marktplaatsen maakten het mogelijk dat ook 'kleine merken' hun producten konden aanbieden. Via sociale media gingen bedrijven gebruikers vragen om zelf producten te ontwerpen *(user design)*, ideeën en inhoud te genereren (*crowdsourcing*, denk aan YouTube) of geld te werven *(crowdfunding)*. De verwachting is dat de mogelijkheden van het Internet der Dingen – op afstand bedienen van apparaten, monitoren van omgeving, genereren van data – ook weer voeding zal bieden aan nieuwe businessmodellen. Aangezien het Internet der Dingen veel data genereert dat inzicht biedt in het risicogedrag van mensen, verwacht internetondernemer O'Reilly bijvoorbeeld dat verzekeren een belangrijk businessmodel van het Internet der Dingen gaat worden (Morozov 2014).

De aanwezigheid van betaalbare, krachtige innovatieve technologie – zoals smartphones, digitale camera's, commerciële drones, lab-on-a-chip, computers, internet, 3D-printers – bieden gebruikers tal van mogelijkheden om zelf dingen te maken, te organiseren en te delen (Anderson 2012). We zien de opkomst van de zogenaamde Do-IT-Yourself (DIY)-economie. Anderson (2006, p. 73) concludeert in zijn boek: *"When the tools of production are available to everyone, everyone becomes a producer."* De consument is dus steeds meer producent geworden. Gebruikers doen ook gezamenlijk van alles, denk aan Wikipedia, het Open Source Initiative of delen van muziek, films of gereedschap met elkaar via *peer-to-peer* netwerken. Men spreekt van de opkomst van de deeleconomie. Deze wordt ten eerste mogelijk gemaakt doordat het maken en delen van een extra digitaal product bijna gratis is en ten tweede omdat het internet het coördineren van het delen goedkoop en makkelijk maakt. Zeker vanwege de opkomst van het Internet der Dingen ziet Rifkin (2014) een mooie toekomst voor de samenwerking tussen diverse publieke gemeenschappen *(collaborative commons)*. Volgens Rifkin zal het Internet der Dingen het mogelijk maken dat mensen op grote schaal zelf energie gaan produceren en dit met elkaar gaan delen. Op die manier zal het Internet der Dingen een eind maken aan het huidige economische systeem dat gedomineerd wordt door grote (multinationale) bedrijven.

Andere auteurs zien eerder dat genoemde fenomenen tot 'platformkapitalisme' leiden.[22] Bedrijven als Apple, Google, Facebook, Airbnb en Uber zetten

22 Naar aanleiding van de discussie over taxidienst Uber kwam in de Duitse publieke discussie de term Plattform Kapitalismus op (Lobo 2014).

bestaande markten op hun kop door hun manier van innoveren. Door middel van digitale platformen betreden ze snel nieuwe markten, integreren ze producten en diensten, laten ze andere partijen mee innoveren en betrekken ze gebruikers bij innovaties (Kreijveld et al. 2014). In de terminologie van Ismail et al. (2014) gaat het hier om *exponentiële organisaties*, een organisatievorm die volgens de auteurs het best past bij de huidige interneteconomie. Enkele karakteristieken daarvan zijn: ze zijn gebaseerd op een informationeel wereldbeeld en worden mogelijk gemaakt door het internet; ze willen de bestaande markt radicaal veranderen (oftewel disruptief zijn); zo hebben min mogelijk vast personeel en zo veel mogelijk personeel op afroep; ze vormen een gemeenschap waarvan gebruikgemaakt kan worden via crowdsourcing (optimaliseren van zogenaamde *free labor* (Terranova 2012); ze automatiseren zo veel mogelijk (Ismail et al. (2014, p. 71) stellen dat in het Internet der Dingen-tijdperk algoritmen het succes van bedrijven zal bepalen). Ook maken ze zo min mogelijk gebruik van eigen kapitaalgoederen en zorgen ze voor goede (gratis) toegang tot de goederen van anderen (vgl. Rifkin 2000). Deze kenmerken kunnen ieder apart of in combinatie zorgen voor een enorm efficiënte bedrijfsvoering. Ismail et al. (2014, p. 51) vergeleken in 2014 bijvoorbeeld de exponentiële organisatie Airbnb met de lean management-organisatie Hyatt Hotels. Airbnb bestond toen zes jaar, had 1.324 mensen in dienst en maakte gebruik van de slaapkamers en gratis arbeid van 500.000 mensen in 33.000 steden en had daarom vrijwel geen onroerend vermogen nodig en had desondanks een beurswaarde van tien miljard dollar. Dat was meer dan de waarde van Hyatt Hotels, die op dat moment 45.000 medewerkers had en 549 hotels bezat. Tevens is het Airbnb-model veel simpeler en goedkoper op te schalen dan het model dat Hyatt Hotels hanteert.

Dit nieuwe bedrijfsmodel brengt ons terug bij de quote van Goodwin (2014) aan het begin van dit hoofdstuk en verklaart waarom deze ontwikkelingen juist in het huidige internettijdperk plaats kunnen vinden. Onderdeel van het succes van de genoemde bedrijven is dat ze met hun platformen een strategische positie tussen koper en verkoper innemen (Kreijveld et al. 2014, p. 44). Via iTunes heeft Apple zich bijvoorbeeld tussen de artiesten en platenmaatschappijen en de consument geplaatst. Succesvolle platformen kunnen zo een (te) dominante rol gaan vervullen. Waar het internet dus enerzijds direct contact en samenwerking tussen gebruikers onderling (*collaborative economy*; zie Botsman & Rogers 2010) en tussen gebruikers en aanbieders van diensten mogelijk maakt (zonder tussenpersonen), nemen anderzijds de opkomende digitale platformen juist een sterke makelaarspositie in tussen makers en gebruikers.

Een dergelijk soort 'platformkapitalisme' kan op twee samenhangende manieren tot een *winner-take-all*-economie leiden. Doordat succesvolle platformen door netwerkeffecten steeds interessanter worden voor gebruikers kan ten eerste snel het risico van marktmonopolisering optreden (Kreijveld et al. 2014).

Tabel 3 Organisatie van productie, arbeid en consumptie tijdens het eerste en tweede machinetijdperk.

Tijdperk	Eerste machinetijdperk		Tweede machinetijdperk	
Generieke organisatorische technologie	Fabrieksmatige en ambachtelijke productie van luxegoederen (vanaf 1800)	Massaproductie en -consumptie (vanaf 1910)	Lean production & massapersonalisatie (vanaf 1980)	Digitale internet-economie (vanaf 1995)
Object van rationalisering	Product	Fysieke productieproces	Kennisproces in maak-, diensten- en creatieve sector	Mondiale waardeketens (productie en consumptie)
Organisatie productie	Fabriek als een werkplaats waarin ambachtslieden met generieke machines werken	Mechanisering fysieke arbeid: 'fabriek als een grote efficiënte machine'	Digitalisering fysiek en kenniswerk: integratie digitale en menselijke arbeid	Digitalisering waardeketens: 'wereld als een grote efficiënte (slimme) machine'
	Standaardisatie maakt samenwerking in regionale netwerken van werkplaatsen mogelijk (regionale outsourcing)	Optimalisatie massaproductie binnen fabriek	Optimalisatie mondiale productieketens via regionale outsourcing en offshoring van laaggeschoolde arbeid naar lagelonenlanden, flexibele just-in-time, productie	Optimalisatie mondiale waardeketens via offshoring van laag- en hooggeschoolde arbeid, reshoring hooggeautomatiseerde productie, crowdsourcing van (gratis en betaalde) arbeid
Organisatie arbeid	Vakmanschap en standaardisatie	Mechanisch Taylorisme	Lean management / Digitaal Taylorisme	High resolution management: zicht op productie & consumptie
	Tacit knowledge van ambachtsman	Scientific management via stopwatch	O.a. MRP, statistische procescontrole	Internet der Dingen: big data, artificial intelligence, sensoren
	Meester-leerling: overdracht ambachtelijke kennis	Onderscheid kenniswerk (hoog, midden) en fysiek werk (simplificering en mechanisering)	Zelfsturende multidisciplinaire teams met toegang tot informatie	Digitale netwerken en platformen, algoritmen & apps (e-coaching), democratisering van toegang tot informatie
Organisatie consumptie	Luxe producten op maat voor rijke klanten; meerderheid maakt zelf kleding, voedsel, et cetera	Betaalbare massaproducten en massaconsument	Massa-personalisatie / mass customisation	Consument wordt producent (prosumer) Toegang tot diensten i.p.v. bezit goederen Vervaging grens werk & privé (economisering 'vrije tijd') en productie & consumptie

Rathenau Instituut

Een tweede risico is dat de winsten die gemaakt worden door inzet van de onbetaalde of laagbetaalde arbeid van velen, opgestreken worden door een kleine groep van superrijken. *The Economist* (2015) noemt de huidige internetgeneratie hightech miljardairs uit Silicon Valley *"silicon sultans"* en vergelijkt ze met de *"robber barons"* (roofridders), zoals de puissant rijke en machtige ondernemers van het eerste machinetijdperk smalend door critici werden genoemd.

2.3 Conclusies

Dit hoofdstuk beschreef enkele kenmerkende trends van de IT-revolutie en onderzocht wat dit betekende voor de organisatie van productie, arbeid en consumptie. Deze paragraaf beschrijft tot slot de voornaamste ontwikkelingen die mogelijk worden door de IT-revolutie en hoe als gevolg hiervan de rationalisatie in dit tweede machinetijdperk vorm krijgt. De IT-revolutie geeft handen en voeten aan het informationeel wereldbeeld dat in steeds meer praktijken dominant wordt en de huidige opkomst van het Internet of (Robotic) Things mogelijk maakt. IT maakt de uitbreiding van mechanisch Taylorisme naar digitaal Taylorisme mogelijk. Waar het mechanisch Taylorisme vooral betrekking heeft fysiek werk en de mechanisering en automatisering daarvan, strekt automatisering door digitaal Taylorisme zich uit naar cognitieve arbeid, onder meer in de dienstensector. Naast automatisering leidt digitaal Taylorisme ook tot internationalisering en flexibilisering van arbeid. Recent zien we de opkomst van (mondiale) virtuele en vloeibare (*liquid*) internetplatformen om zowel betaalde als onbetaalde arbeid te crowdsourcen. Ten slotte biedt IT gebruikers tal van mogelijkheden om zelf producent te worden, maar ongemerkt worden ze in veel gevallen ook gratis medewerkers van bedrijven.

Doorbraak informationeel wereldbeeld en opkomst van het robotinternet
De IT-revolutie wordt gedreven door een informationeel wereldbeeld. Hierin worden allerlei mechanische, cognitieve en organisatorische processen gedefinieerd in termen van digitale informatiestromen. Zo'n informationeel wereldbeeld kan disruptieve gevolgen hebben. Deze visie werd in de jaren vijftig geformuleerd, maar kreeg in de jaren tachtig steeds meer praktische betekenis (Boogaard et al. 2008). Zo veranderde door digitalisering de gehele waardeketen rondom fotografie. Als gevolg van de snelle en voortdurende ontwikkeling van IT volgen vele IT-gebaseerde producten een exponentieel ontwikkelingsproces wat betreft prijs (steeds goedkoper), grootte (steeds kleiner) en aantal gebruikers (steeds meer). Daarbij mengt IT zich met reeds bestaande technieken en processen, via de convergentie van digitalisering en productieprocessen (mechatronica / robotica) en van informatie- en communicatieprocessen (ICT).

Volgens vele denkers, bedrijven en overheden staan we nu aan de vooravond van een verregaande convergentie tussen het internet en de fysieke wereld.

Men spreekt van het Internet of Things, het Internet der Dingen. Omdat het internet op die manier zintuigen (sensoren) en handen en voeten (actuatoren) krijgt, mogen we ook spreken van het Internet of Robotic Things, of het robotinternet. Naast mensen, verbindt het internet in toenemende mate objecten, diensten en industriële processen met elkaar. Het Internet der Dingen zal volgens verwachting de digitalisering van (mondiale) waardeketens mogelijk maken. De inrichting van de dienstverlening rondom slimme producten wordt daarmee steeds belangrijker (Lanz & Maurer 2015). De 'traditionele' fysieke scheiding tussen laagwaardige fabricage in lagelonenlanden en hoogwaardige innovatie in de westerse landen wordt veel minder vanzelfsprekend. De vraag voor de toekomst is dus onder andere waar de slimme fabriek – als dé plek waar innovatie van productieprocessen en producten plaatsvindt – komt te staan.

Van mechanisch naar digitaal Taylorisme

De IT-revolutie krijgt juist in interactie met sociale processen haar transformerende kracht. Daarom beschreef dit hoofdstuk hoe IT nieuwe manieren van organiseren van productie, arbeid en consumptie mogelijk maakt. De continue zoektocht naar nieuwe vormen van organiseren wordt veelal gedreven door rationalisering, oftewel een streven naar meer efficiëntie en meer controle. Om zicht te krijgen op deze ontwikkeling vergeleek dit hoofdstuk het eerste en het tweede machinetijdperk met elkaar.

Aan het begin van de vorige eeuw ontstond een wetenschappelijke visie op bedrijfsvoering. Rationalisering in het eerste machinetijdperk betrof daarmee de standaardisering van onderdelen van producten en het fysieke maakproces in de fabriek. Op basis van dit *mechanisch Taylorisme* moest de ambachtelijke fabriek radicaal herontworpen worden tot 'een grote efficiënte machine'. Door arbeidsprocessen op te delen in simpele taken werd het mogelijk om laaggeschoolde arbeiders in te zetten, sommige taken te mechaniseren en later te automatiseren of robotiseren. Robotisering wordt dus voorafgegaan en mogelijk gemaakt door een radicale reorganisatie van het arbeidsproces.[23]

Door de opkomst van IT komt in de jaren tachtig ook de dienstensector in de greep van het industriële efficiëntiedenken. Men spreekt ook wel van digitaal Taylorisme, omdat analoog aan de maakindustrie, nu de 'ambachtelijke' dienstensector heringericht wordt en waar mogelijk opgesplitst in simpele, te automatiseren deeltaken. In het tweede machinetijdperk richt rationalisering zich dus tevens op de cognitieve arbeidsprocessen in de maak- en diensten- en creatieve sector en na de opkomst van het internet steeds meer op mondiale waardeketens, dus naast productie ook op consumptie. Die gestage uitbreiding wordt mogelijk gemaakt door verwetenschappelijking en de inzet van

23 De studie van Frey & Osborne (2013) laat zien welke menselijke taken door computers of robots kunnen worden overgenomen, maar heeft geen oog voor de (re)organisatie van het arbeidsproces dat daar veelal aan voorafgaat.

steeds nauwkeuriger meetmethoden. Het internet en steeds meer het Internet der Dingen maken het nauwkeurig, vaak real-time, monitoren van productie-, logistieke en consumptieprocessen mogelijk. Dat opent een nieuw gebied van verdere rationalisering productie en consumptie, en mogelijke automatisering van arbeid.

Internationalisering, automatisering en flexibilisering van arbeid
Standaardisering van producten maakt het mogelijk dat werk wordt uitbesteed. Dat gebeurde in het eerste machinetijdperk vooral in regionale netwerken. Nog altijd zijn productieketens veelal regionaal geconcentreerd, maar de IT-revolutie maakt vanaf de jaren tachtig ook internationale outsourcing van werk mogelijk. Daarbij gaat het in de jaren tachtig met name om het offshoren van laaggeschoolde fysieke arbeid naar lageloonlanden binnen en buiten Europa. Hoe hoger de automatiseringsgraad van bepaalde processen, hoe minder afhankelijk ze worden van menselijke arbeid en loonkosten. Daarmee wordt reshoring van hooggeautomatiseerde productie een van de opties voor bedrijven. Reshoring wordt ook een optie, omdat de lonen in landen als China stijgen. Robotisering is daarom een mondiaal verschijnsel geworden. Automatisering geldt niet langer meer alleen voor simpele fysieke taken, maar ook steeds meer voor complexere fysieke en kennistaken. Met de opkomst van het internet is een mondiaal vaardighedennetwerk aan het ontstaan dat ook het mondiaal outsourcen van midden- en hooggeschoold kenniswerk mogelijk maakt. Hiermee samen gaat de opkomst van flexibilisering en platformisering van arbeid . De virtuele en vloeibare *(liquid)* platformorganisatie laat de gedachte van een bedrijf als een fysieke plek waar vaste medewerkers samenkomen, varen. Het gaat nu om het optimaliseren van de on demand toegang, via crowdsourcing, tot betaalde en onbetaalde arbeid.

Consument als producent en gratis medewerker
Vanuit het oogpunt van de gebruiker heeft zich daarmee een interessante cirkelbeweging voltrokken. Aan het begin van de vorige eeuw was consumptie, met name van luxegoederen, vooral iets voor rijke klanten. De massa maakten het merendeel van producten zoals voedsel en kleding zelf. Methoden van massaproductie creëerden massaproducten, maar maakten ook (een cultuur van) massaconsumptie mogelijk. Door mass customization werd het voor de massa mogelijk om massaproducten op maat te krijgen. IT biedt gebruikers nu de mogelijkheid om allerlei producten en diensten zelf te maken en het gebruik daarvan te delen met anderen. Zoals hierboven geschetst, maken ook bedrijven daarvan gebruik door de consument zo veel mogelijk taken te laten verrichten. Daarbij gaat het om onbetaalde arbeid en zelfservice die door IT mogelijk wordt gemaakt. Als gevolg daarvan is, net zoals aan het begin van de twintigste eeuw, de grens tussen arbeid en privé en tussen productie en consumptie weer aan het vervagen.

Intermezzo

**Interview met
Jan Luiten van Zanden,
Universiteit Utrecht**

Intermezzo

"Het korte termijn van de samenleving is beperkt"

Het is niet eenvoudig om een verband tussen techniek en werkgelegenheid te leggen. De werkgelegenheid in Nederland is altijd sterk beïnvloed door een veelheid aan macro-economische factoren; ons land reageert bovengemiddeld sterk op conjunctuurfluctuaties, verklaart de hoogleraar economische en sociale geschiedenis aan de Universiteit Utrecht.

"Als je naar de simpele economische feiten kijkt – werkloosheidsontwikkeling en economische groei – dan is het enige wat echt steeds opvalt het feit dat als het goed gaat met de wereldeconomie, het heel goed gaat met Nederland, en dat als het slecht gaat met de wereldeconomie, Nederland daar een extra harde klap van oploopt." Dat Nederland in de jaren negentig zo 'verbijsterend goed' presteerde, was volgens Van Zanden mede te danken aan verschillende onevenwichtigheden die momenteel worden weggewerkt. "Daarom zijn de afgelopen crisisjaren hier harder aangekomen dan in de meeste buurlanden," aldus de winnaar van de Spinozapremie 2003. Van Zanden kreeg de hoogste onderscheiding in de Nederlandse wetenschap onder andere voor zijn onderzoek naar de Nederlandse economische geschiedenis. Nederland profiteert extreem van de goede jaren en zit in slechte jaren extra in de hoeken waar de klappen vallen. Dat is ook in de ontwikkeling van de werkloosheid te zien, vat Van Zanden samen. Dit patroon, mogelijk gelieerd aan onze kleine open economie, zegt echter meer over de algemene macro-economische ontwikkeling van Nederland dan over technologie, erkent hij.

Het is hoe dan ook zaak conjuncturele schommelingen niet als structurele problemen te interpreteren. Van Zanden wijst op de grote bezorgdheid, rond 2006, over de toenemende krapte op de arbeidsmarkt. De vergrijzing zou tot een totaal overspannen arbeidsmarkt leiden, vreesde menigeen. Die dreiging is inmiddels totaal verdwenen. "Het kortetermijngeheugen van de samenleving is beperkt."

Ook het doemscenario over de gevolgen van robotisering – robots zullen steeds meer taken van de mens overnemen, waardoor de werkgelegenheid sterk zal teruglopen – vindt bij Van Zanden geen weerklank. De geschiedenis biedt geen aanknopingspunten voor een dergelijk dramatisch, negatief scenario. Terugblikkend blijkt niet dat nieuwe technieken de oorzaak van hoge werkloosheid waren. In de jaren dertig van de twintigste eeuw lag bijvoorbeeld conjuncturele tegenslag ten grondslag aan de werkloosheid. En de structurele werkloosheid in de jaren zeventig en tachtig was mede het gevolg

van de grootschalige de-industrialisatie en de te starre en stugge wijze waarop arbeidsmarktinstanties daarop reageerden.

Toch ziet Van Zanden, die zich ook in de geschiedenis van de sociale ongelijkheid verdiept, wel degelijk zorgelijke ontwikkelingen. Hij wijst op de Verenigde Staten, waar de onderklasse alleen toegang heeft tot laagbetaalde banen en niet op een goede manier van welvaartsgroei kan profiteren. Deze ontwikkeling is niet technologiegedreven, maar gerelateerd aan de instituties op de arbeidsmarkt, onderwijs en scholing. Ook in Nederland ziet hij een verschuiving richting 'precarisering': "Veel mensen ervaren dat de kwaliteit van hun arbeid gereduceerd wordt en dat ze in slechtere arbeidsomstandigheden terechtkomen. Van een vaste baan in een tijdelijke enzovoort."

Hoewel het lijkt alsof internet de concurrentie versterkt, ligt daar volgens de economisch geschiedkundige niet het probleem. Internet maakt 'supercommercialisatie' van arbeid weliswaar mogelijk, maar het gaat om de manier waarop daarmee wordt omgegaan. Van Zanden pleit voor beleid waarmee negatieve spiralen op de arbeidsmarkt worden tegengegaan; technologie heeft daar volgens hem weinig mee te maken. "Actoren moeten inzetten op een goed arbeidsmarktbeleid, een beleid dat onder andere resulteert in een goed scholingssysteem dat aansluit op de arbeidsmarkt."

Op een ander vlak kan techniek volgens hem wel een grote rol spelen: bij het op gang brengen van (duurzame) economische groei in Europa. Ondernemers zien hiertoe mogelijkheden, maar onzekerheid over zaken als het consumentenvertrouwen, investeringen in bedrijven en de macro-economische context zetten een rem op hun ambities en daarmee op een mogelijke groeigolf. De manier waarop de economie is ingericht, de instituties op de arbeidsmarkt, onderwijs, technologische mogelijkheden… ze wegen allemaal zwaar, maar ze zijn niet bepalend.

Van Zanden wijst op de huidige duurzaamheidsdiscussie, gedreven door de technologische en economische dynamiek én normatieve aspecten. Hij trekt een parallel met de ontwikkeling van de welvaartsstaat, die tot stand kwam om de uitwassen van het industrieel kapitalisme te bestrijden. "Een normatief gedreven ontwikkeling, niet omdat het technologisch noodzakelijk was, maar omdat de samenleving dat wilde."

3 Technologie en werkgelegenheid in historisch perspectief

Jan Korsten met medewerking van Harry Lintsen en Johan Schot

Vanaf het midden van de achttiende eeuw kreeg de industrieel kapitalistische samenleving vorm. Een reeks technische innovaties en ontwikkelingen op economisch, politiek en sociaal terrein brachten een ingrijpend moderniseringsproces op gang. De stuwende kracht vormde de opkomst en ontwikkeling van een reeks nieuwe generieke technologieën die ieder op zich een nieuwe industriële revolutie op gang brachten. Zo vormden stoommachines, gietijzer en spoorwegen in de negentiende eeuw de motor van de eerste industriële revolutie. Staal, elektriciteit en de verbrandingsmotor dreven vanaf het eind van de negentiende eeuw de tweede industriële revolutie aan, terwijl informatie- en communicatietechnologieën vanaf de Tweede Wereldoorlog vorm gaven aan de derde industriële revolutie (zie Bijlage 2 voor een toelichting op de periode-indeling in drie revoluties).

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de technologische innovatie in Nederland op basis van de drie technologische revoluties is verlopen: de introductie van stoom (paragraaf 3.1), van elektriciteit (paragraaf 3.2) en van IT (paragraaf 3.3). De vragen die daarbij beantwoord zullen worden, zijn: In hoeverre bewerkstelligden vanaf het begin van de negentiende eeuw nieuwe technieken een transformatie van de Nederlandse samenleving en economie? Welke factoren en actoren bewerkstelligden zo'n doorbraak? Kende Nederland eigen patronen en een eigen periodisering? Was er sprake van een geleidelijke of schoksgewijze ontwikkeling? Welke gevolgen hadden nieuwe technieken voor de (organisatie van de) arbeid? Welke rol speelde de overheid hierin?

Dit hoofdstuk is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek dat de afgelopen vijfentwintig jaar in Nederland is uitgevoerd naar de langetermijnveranderingen in techniek en maatschappij in de negentiende en twintigste eeuw. Dit onderzoek heeft inzicht gegeven in het verloop en het tempo van innovatieprocessen in Nederland, de invloed van het zogenoemde 'socio-technisch landschap'[24] op de ontwikkeling van die innovatie en het zogenoemde 'tech-

24 Het geheel van maatschappelijke en technische voorzieningen.

nisch regime' waar technologie, regels, kennis en actoren samen komen (Schot et al. 1998, p. 28; Lintsen 2005, pp. 18-20)[25]. Bijlage 3 geeft een historisch overzicht van de ontwikkeling van de beroepsbevolking en arbeidsproductiviteit van 1800 tot 1965.

3.1 Voorwaardenscheppend beleid voor de eerste industriële revolutie

In Nederland kwam de industriële revolutie en de doorbraak van stoomtechniek pas in de tweede helft van de negentiende eeuw op gang, veel later dan in bijvoorbeeld Engeland. Toch spreken historici in dit verband niet van een 'achterstand' van Nederland. Nederland deed het alleen anders. Het land kende specifieke factoren en omstandigheden die het industrialisatieproces een eigen karakter gaven. Zo was de investeringsbereidheid in het bedrijfsleven in de eerste decennia van de negentiende beperkt. Het bedrijfsleven moest nog herstellen van de nadelige gevolgen van de Franse overheersing en oorlogen op het Europese vasteland. Ondernemers richtten zich vooral op overleven en minder op het toepassen van nieuwe technieken zoals die inmiddels in Engeland werden gebruikt. Bovendien stond een gebrekkige kapitaalvoorziening externe financiering in de weg. Het bankwezen in Nederland was namelijk aan het begin van de negentiende eeuw nog niet goed ontwikkeld en de kapitaalmarkt functioneerde verre van optimaal. Ondernemers die kapitaal nodig hadden voor investeringen waren daarom in de meeste gevallen aangewezen op informele (familie)netwerken. Zonder die netwerken was het moeilijk om de benodigde middelen bij elkaar te krijgen. Daarbij kwam dat de vooruitzichten op de verschillende afzetmarkten voor nieuwe producten onzeker waren. De internationale afzetmogelijkheden stonden onder druk door protectionistische maatregelen vanuit andere landen en een sterke binnenlandse markt was niet voorhanden. Nederland was in de praktijk nog geen eenheid, steden en regio's opereerden relatief autonoom en hanteerden bijvoorbeeld hun eigen maateenheden. Ook transportinfrastructuren waren regionaal georganiseerd (Lintsen 2005; Zanden & Riel 2000, p. 194-203).

Volgens Lintsen (2005) zat Nederland in de eerste helft van de negentiende eeuw in de fuik van zijn eigen technische en economische orde. Die economie was gebaseerd op windkracht en het daarbij horende technische systeem. Maar windmolens waren niet in staat om industrialisatie met zijn grootschaliger productie op gang te brengen, een rol die met watermolens voor Engeland aan het begin van de industriële revolutie wel was weggelegd. Een andere fuik

25 Het wetenschappelijk onderzoek in de afgelopen 25 jaar resulteerde in twee series overzichtswerk, De zesdelige serie *Geschiedenis van de Techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890* (Walburg Pers Zutphen 1992-1995) en de zevendelige serie Techniek in Nederland in de twintigste eeuw (Walburg Pers Zutphen 1998-2003.

was de centrale rol die landbouw in de Nederlandse economie speelde. Nederland bezat een sterk gespecialiseerde landbouw en haalde daaruit haar kracht. De landbouw was echter niet de bedrijfstak waar de nieuwe technologieën van belang waren (Lintsen 2005, p. 127; Zanden & Riel 2000, pp. 237-256).

Onder aanvoering van koning Willem I – die in Engeland kennis had gemaakt met stoomtechniek en de opkomst van de moderne industrie – begon het Nederlands-Belgische Koninkrijk vanaf 1815 met het scheppen van een goede voedingsbodem voor de industrialisatie. Moderne transportinfrastructuren – cruciaal voor de aan- en afvoer van producten en grondstoffen – werden ontwikkeld, een kennisinfrastructuur werd opgebouwd, de koloniale handel via de Nederlandse Handel Maatschappij werd gereorganiseerd, en sectoren die voor de industrialisatie belangrijk waren – de mijnbouw, de ijzerindustrie en de machinebouw – werden gestimuleerd.

Vanaf 1815 werd in het Koninkrijk gewerkt aan nieuwe transportmiddelen en infrastructuren. De overheid begon in samenwerking met marktpartijen met het uitrollen van een nationaal netwerk van verharde straatwegen, kanalen en spoorwegen. Een belangrijk aandachtspunt hierbij vormde ook de bereikbaarheid van de zeehavens in Amsterdam en Rotterdam. Waar mogelijk leverde de staat een financiële bijdrage, hoewel dat door de hoge staatsschuld (deels nog een erfenis van de Napoleontische oorlogen) niet altijd mogelijk was. Overal werd gewerkt; in 1823 werd bijvoorbeeld begonnen met de aanleg van de straatweg Zwolle-Meppel-Groningen/Leeuwarden: de eerste straatweg in Noord-Nederland. Een jaar later opende het Noord-Hollands Kanaal, dat de haven van Amsterdam via Den Helder een veel betere verbinding gaf met de zee. In het zuiden van het land werd tegelijkertijd de Zuid-Willemsvaart tussen 's-Hertogenbosch en Maastricht gegraven. Nederlandse scheepswerven deden bovendien ervaring op met het bouwen van door stoomkracht aangedreven binnenvaartschepen. In 1828 waren er al 28 van dergelijke vaartuigen gebouwd. Op 1 juni 1836 verleende Willem I toestemming voor de aanleg van de spoorweg Amsterdam-Haarlem. De aanleg werd gefinancierd door een naamloze vennootschap, de Hollandsche IJzeren Spoorweg Maatschappij. Op 20 september 1839 reed de eerste trein van Amsterdam naar Haarlem (Filarski & Mom 2008).

Inmiddels was ook een kennisinfrastructuur tot wasdom gekomen. Vanaf het begin van de negentiende eeuw waren de eerste ingenieursopleidingen van start gegaan. In 1842 bijvoorbeeld de Koninklijke Academie van Burgerlijke Ingenieurs, een voorloper van de Technische Universiteit Delft. Vijf jaar later kon kennis en ervaring worden uitgewisseld via het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs (o.a. Lintsen 2005, p. 127).

De staatkundige ontwikkelingen van de jaren dertig (die uiteindelijk in 1839 resulteerden in de Belgische afscheiding) en het uit de hand lopen van de

staatsfinanciën, vertraagden de industriële revolutie in Nederland. Pas met het hervormingsprogramma, dat onder leiding van J.R. Thorbecke in 1848 werd ingezet, werd de basis gelegd voor een sterke, stabiele liberale staat die gunstige voorwaarden schiep voor verdere economische ontwikkeling en groei. Het hervormingsprogramma resulteerde ook in een reorganisatie van de overheidsfinanciën. Daardoor en ook door de aantrekkende economie en wereldhandel kregen ondernemers geleidelijk de wind mee. Dit resulteerde in een grotere bereidheid om te investeren in nieuwe technieken waarmee ze hun productie konden verhogen (Lintsen 2005, pp.124-126).

Doorbraak stoomtechniek vanaf 1850

Vanaf 1850 brak de stoomtechniek in Nederland definitief door (zie Tabel 4). Deze toepassing werd bereikbaar voor meer ondernemers, ook in afgelegen delen van het land. Via de nieuw aangelegde infrastructuren konden ondernemers niet alleen goedkoper de benodigde steenkolen aanvoeren, maar konden ze ook gemakkelijker nieuwe markten in binnen- en buitenland bedienen. Dat laatste was van belang, omdat de investeringen in stoomaangedreven machines in de regel alleen rendeerden bij een hogere productieomvang. Overstappen naar stoom werd langzamerhand steeds meer vanzelfsprekend. Naarmate stoomtechniek dominanter werd, kwamen nieuwe of vernieuwde productievere arbeidswerktuigen op de markt die niet bruikbaar waren in combinatie met bijvoorbeeld windkracht. Deze nieuwe werktuigen stimuleerden de verspreiding van stoomtechniek (o.a. Lintsen 2005, pp. 135-136).

De toepassing van stoommachines in de weverijen van de Twentse textielindustrie geeft een goed beeld van de ontwikkelingen. In de jaren vijftig van de negentiende eeuw werden de eerste stoomweefgetouwen geïntroduceerd in de Twentse textielindustrie. In 1852 opende de firma G. en H. Salomonson in Nijverdal de eerste, naar Engels model gebouwde, stoomweverij. In 1854 dreef de stoommachine daar meer dan 400 weefgetouwen aan. In 1860 waren in Twente al 2.000 stoomweefgetouwen in gebruik, verdeeld over de 10 stoomweverijen. Er waren destijds overigens ook nog zo'n 8.500 handweefgetouwen in gebruik, dus lang niet alle textielbedrijven schakelden over op stoom. Vanwege de gebrekkige infrastructuur in Twente hing het van de vestigingsplaats van bedrijven af of overschakelen op stoom bedrijfseconomisch rendabel was. Zo kostte in 1853 10 ton Engelse steenkool in Almelo 90 gulden. Voor ondernemers in Enschede kwam daar voor het vervoer van Almelo en Enschede per 10 ton zo'n 32 gulden bij, een kostenstijging van meer dan een derde. Gezien de grote hoeveelheden kolen die nodig waren – het rendement van stoommachines was nog lang niet optimaal – was overschakeling voor Enschedese textielbedrijven daarom aanvankelijk niet rendabel en was het lonender om te investeren in moderne handweefgetouwen met snelspoel. De verbeterde infrastructuur en de komst van efficiëntere stoommachines maakten het in de daaropvolgende jaren ook voor alle Twentse textielbedrijven rendabel om over te schakelen en uit te breiden. In 1900 telde

Twente 36 stoomweverijen waar in totaal 20.000 *powerlooms* waren opgesteld. Deze textielbedrijven boden werk aan ruim 17.000 werknemers, bijna het dubbele aantal werknemers van 1851 (9.375 werknemers) (Fischer 1983, pp. 65-90).

Tabel 4 Aantal krachtwerktuigen in de nijverheid in Nederland en de omvang van de beroepsbevolking en de bevolking 1850-1890.

	1850	1860	1880	1890
Stoommachines	290	820	2.740	3.930
Gasmotoren			10	20
Windmolens	3.050	3.400	3.120	1.790
Paardenmolens	1.930	1.710	910	570
Watermolens	470	500	250	160
Totaal	5.740	6.430	7.030	6.470
Beroepsbevolking in nijverheid (x 1.000)	300	326		482
Bevolking Nederland (x 1.000)	3.100	3.300		4.000

Bron: Lintsen 1995, p. 192.

Kleinere bedrijven als aanjager industrialisatie in Nederland
In tegenstelling tot bijvoorbeeld Engeland resulteerde de industrialisatiegolf van de tweede helft van de negentiende eeuw in Nederland niet tot de opkomst van grootschalige fabrieken, dat zou pas na 1890 gebeuren. Tot die tijd bleef het kleinbedrijf – bedrijven met minder dan tien arbeidskrachten – dominant. In 1860 werkte 80 procent van de beroepsbevolking in het kleinbedrijf, in 1889 77 procent.

Het karakter en de wijze van produceren van de kleinbedrijven veranderde in die periode wel ingrijpend. Ten eerste doordat ze massaal overschakelden op stoomkracht en de daarbij behorende machines. Het bleven echter kleinschalige bedrijven, waarbij de eigenaar vaak nog gewoon meewerkte in de werkplaats. Het kleinbedrijf vormde dus de drijvende kracht achter de doorbraak van stoom in Nederland. Smederijen, kleine scheepswerven en bouwbedrijven schaften moderne ijzeren werktuigen aan die werden aangedreven door een stoommachine of locomobiel (Lintsen 2005, pp. 142-143; p.159).

Productiebedrijven zoals de textielindustrie werden ten tweede anders georganiseerd door de mechanisatie van delen van productieproces. In de textielfabrieken dreef een centrale stoommachine weefgetouwen en andere machines aan. De textielfabrieken waren onderverdeeld in afdelingen die ieder een eigen bewerking uitvoerden. De productie werd geconcentreerd in fabrieksgebouwen, waardoor thuiswevers in snel tempo verdwenen (Lintsen 2005, pp.157-167).

3.2 De tweede industriële revolutie: doorbraak van elektriciteit als nieuwe generieke techniek

De periode 1890-1920 was voor de energietechniek een overgangsperiode waarin de stoommachine concurrentie kreeg van alternatieve krachtbronnen in de vorm van de kleinere, flexibelere en eenvoudiger te installeren gas-, verbrandings- en elektromotoren. Er ontstond concurrentie tussen verschillende systemen. Uiteindelijk werd het elektriciteitssysteem dominant. Dit zorgde in Nederland voor de doorbraak van het grootbedrijf en de daarbij horende rationalisering.

Al sinds de jaren dertig van de negentiende eeuw was gewerkt aan de ontwikkeling van een betrouwbare en betaalbare elektromotor. Het ontbreken van een goede elektriciteitsvoorziening stond grootschalige toepassing echter in de weg. Alleen grotere bedrijven konden met behulp van hun stoominstallaties zelf elektriciteit opwekken. Zo had de machinefabriek van de Gebroeders Stork in Enschede een gelijkstroominstallatie voor de verlichting en een elektrische loopkraan. Toen de directie een eigen centrale had gebouwd, schakelde de hele fabriek in 1901 over op elektrische aandrijving.

Het economisch tij eind negentiende eeuw was goed, er was sprake van een lange opgaande conjunctuurgolf waardoor het industrialisatieproces doorzette en er ruimte was voor vernieuwing. Dit werd onder andere zichtbaar in investeringen in het elektriciteitssysteem en de opbouw van een elektriciteitsnetwerk. Aanvankelijk namen gemeentebesturen al dan niet in samenwerking met particuliere ondernemers het initiatief voor een gemeentelijke elektriciteitscentrale. Later kwamen er ook regionale centrales. De komst van stoomturbines en de doorbraak van wisselstroom maakten verdere schaalvergroting en een meer rendabele exploitatie mogelijk.

Om de groei van het elektriciteitssysteem in goede banen te leiden, trokken rijk en provincies de verantwoordelijkheid voor de verdere ontwikkeling naar zich toe. Er ontstonden provinciale elektriciteitsnetwerken die werden aangestuurd door provinciale elektriciteitsmaatschappijen. In 1939 was de elektrificatie van Nederland een feit, ook op het platteland. Nederland liep hiermee voorop (Hesselmans en Verbong 2000, p. 125-139; Hesselmans, Verbong & Buiter 2000, p. 141-159).

Tabel 5 De elektrificatie van Nederland 1913-1939.

Jaar	Geëlektrificeerde gemeenten	Totaal aantal gemeenten	Aantal centrales	Totaal vermogen in MW	Totaal aan net afgegeven in miljoen kWh
1913	180	1.121	82	98	110
1916	300	1.120	76	171	210
1919	405	1.118	111	239	320
1925	868	1.082			
1930	1.011	1.078	50	754	1.400
1935	1.056	1.060			
1936			46	1.339	1.800
1939	1048	1.054	45	1.419	2.400

Bron: Schot, Lintsen & Rip 2000, p. 157 (tabel 3.3) en p. 159 (tabel 3.4).

Omdat industriële aansluitingen aantrekkelijk waren voor de provinciale elektriciteitsmaatschappijen boden ze bedrijven contracten tegen gunstige prijzen. Daardoor werd het ook voor grotere bedrijven die zelf nog energie opwekten, aantrekkelijk om over te stappen op het openbare netwerk. Zo sloot Philips in 1921 een contract af met de PNEM voor de levering van elektriciteit.

Hoezeer de elektromotor de industrie zou veranderen bleek ook uit de toename van het opgesteld vermogen. Rond 1850 beschikte de Nederlandse industrie over een opgesteld vermogen van 50.000 pk, dit was voornamelijk gebaseerd op windkracht. Veertig jaar later was dit vermogen 80.000 pk, voornamelijk opgewekt door stoomkracht. In 1930 was dit vermogen, mede door de toepassing van elektromotoren, al gestegen tot 2 miljoen pk. De groei ging daarna onverminderd door van 4,5 miljoen pk in 1950 tot ruim 45 miljoen pk rond 2000 (Hesselmans en Verbong 2000, p. 125-139; Hesselmans, Verbong en Buiter 2000, p141-159; Lintsen 2005, p.146).

Opkomst gerationaliseerde fabriek

De tweede industriële revolutie resulteerde vanaf 1890 in de doorbraak van het grootbedrijf. Ook in Nederland ontstonden al spoedig dergelijke relatief grote bedrijven (Zanden & Riel 2000, p.147). Kwam in 1889 nog 23 procent van de industriële werkgelegenheid in Nederland voor rekening van het midden- en grootbedrijf, in 1913 was dat al 76 procent (59 procent voor bedrijven van 10 tot 500 werknemers en 17 procent voor bedrijven met meer dan 500 werknemers).

Om aan de stijgende vraag naar producten te kunnen voldoen, was een efficiënte organisatie van de productie en een goede controle op de grondstof- en halffabricatenstromen noodzakelijk. In de jaren twintig leidde dit tot

een nieuw productieregime, de op massa- en serieproductie gerichte gerationaliseerde fabriek.

Rationalisatie van productie, arbeid en organisatie ging hand in hand met schaalvergroting in de economie en de opkomst van de rationaliseringsbeweging waaruit onder andere de managersvereniging NIVE voorkwam en de ontwikkeling van organisatietheorieën zoals het *scientific management* van F.W. Taylor (zie ook Hoofdstuk 2). De fabriek werd gezien als een grote machine die in al zijn details moest worden onderzocht. Er ontstonden nieuwe beroepsgroepen voor het oplossen van (technische) organisatieproblemen, zoals ingenieurs, psychologen en accountants. In navolging van de Verenigde Staten ontstonden ook in Nederland enkele zeer grote bedrijven die de hele productiekolom zo veel mogelijk integreerden: Shell, Unilever, Philips, Staats-mijnen (het huidige DSM), AKU (het huidige AKZO) en Hoogovens. De kleinere ondernemingen, die in het Nederlandse krachtenveld nog steeds belangrijk waren, zochten samenwerking in coöperaties en kartels (Lintsen 2015, pp. 169-174).

Een bekend voorbeeld van gerationaliseerde massaproductie in Nederland was Philips. In 1926 ontwikkelde Philips Natlab een betaalbare radio voor het grote publiek, een toestel dat bovendien was ontworpen om op grote schaal op de lopende band – een van de meest zichtbare vormen van de gerationaliseerde fabriek – te worden geproduceerd. In Nederland werd de lopende band ook toegepast bij serieproductie in kleinere ondernemingen. In de jaren dertig maakte de Hengelose leverancier van elektrische machines en apparaten Heemaf gebruik van een lopende band bij de productie van telefoontoestellen, machinebouwer Stork bij de productie van motoren en schoenfabrikant Bata bij de productie van schoenen (Lintsen 2005, pp.166-169).

De modernisering van de economie werd begeleid door een periode van grote sociaal-politieke dynamiek. De verzuilde samenleving ontstond met een goed georganiseerd maatschappelijk middenveld met vakbonden, boerenbonden en werkgeversorganisaties. Op de politieke agenda kwamen onder andere de uitbreiding van het kiesrecht en – mede naar aanleiding van de sociale onrust – het verbeteren van de werk- en leefomstandigheden van arbeiders. Een arbeidsenquête, geïnitieerd door de Tweede Kamer, bracht in 1887 allerlei misstanden in fabrieken en werkplaatsen aan het licht: extreem lange werktijden, nachtwerk door kinderen, onhygiënische en ongezonde werkomstandigheden, lage lonen en zo meer. Om uitwassen van de industrialisatie tegen te gaan, kwam er daarom sociale wetgeving zoals het kinderwetje van Van Houten uit 1874, in 1889 de eerste Arbeidswet en in 1901 de Ongevallen- en Ziektewet (Zanden & Riel 2000, pp. 311-341; Brugmans 1961, pp. 403-426).

3.3 De derde industriële revolutie werpt zijn schaduw vooruit

Maatschappelijk veranderingsproces

"Weinigen realiseren zich, dat deze grootste van alle uitvindingen sedert de stoommachine, voor de wereld een geheel nieuw tijdperk inluidt," aldus socioloog Fred L. Polak in een rede bij zijn benoeming tot hoogleraar in Rotterdam in 1949 (Polak 1949, p. 8). Polak doelde op de uitvinding en ontwikkeling van de computer. In de daaropvolgende jaren ontstond het gevoel dat de computer een nieuwe industriële revolutie op gang zou brengen die de maatschappij ingrijpend zou veranderen en ook zou resulteren in het verdwijnen van veel werkgelegenheid.

Dataverwerking en rekenen

De 'digitale rekenmachine' zoals de computer in de begintijd vaak nog werd genoemd, was feitelijk een volgende stap in de verwerking van administratieve gegevens. Door de schaalvergroting in de industrie en de groei van banken, verzekeraars en andere dienstverleners was de omvang en complexiteit van administraties vanaf het einde van de negentiende eeuw toegenomen. Na de Tweede Wereldoorlog ging die schaalvergroting, onder andere door de opkomst van de verzorgingsstaat, onverminderd door. De verwerking van de groeiende hoeveelheid gegevens leidde tot het continu herontwerpen en optimaliseren van administratieve processen en het inzetten van mechanische, elektromechanische en elektrische technieken zoals boekhoudmachines, typemachines en ponskaartapparatuur. De zoektocht naar nieuwe hulpmiddelen resulteerde daarmee uiteindelijk in de digitale rekenmachine.

De eerste mainframecomputers stonden op locaties waar praktijk en wetenschap samenkwamen – bijvoorbeeld in het Mathematisch Centrum, bij de PTT, Shell en Philips – en werden vooral ingezet voor het uitvoeren van ingewikkelde berekeningen. Shell was in Nederland een van de pioniers op computergebied. Het bedrijf beschikte over een eigen onderzoeksgroep voor meten en regelen van hun eigen processen. Vanaf 1959 werd een deel van de Shell-raffinaderij in Pernis bestuurd door een procescomputer. In de jaren vijftig werkten wetenschappers en bedrijfsleven nadrukkelijk samen aan de ontwikkeling van nieuwe, breder inzetbare computers. Verzekeraars stelden hiervoor bijvoorbeeld kapitaal beschikbaar.

De hoge kosten van aanschaf, beheer en onderhoud en een gebrek aan gekwalificeerd personeel stonden een snelle verspreiding van computers in de weg. In 1959 waren er in Nederland 29 mainframe computers operationeel. Omdat er bij kleine en middelgrote bedrijven en instellingen wel degelijk behoefte was aan administratieve automatisering van de loonadministratie, facturering of premieberekening, ontstonden in de jaren zestig servicecentra. Eén daarvan was de Centrale Elektronische Administratie (CEA), gelieerd aan de verzekeringsmaatschappij Centraal Beheer, dat op 21 april 1961 door

minister J. de Pous van Economische Zaken werd geopend. CEA ontwikkelde standaardprogramma's voor het berekenen van salarissen in de metaalindustrie, het varend personeel van rederijen en gemeenteambtenaren. Het bedrijf verzorgde ook cursussen om het administratief personeel van de opdrachtgevers vertrouwd te maken met een geautomatiseerde administratie (Bogaard et al. 2008; Duffhues et al. 2011, pp. 176-177).

Opleidingsinfrastructuur

Met de opkomst van de softwaresector streefden bedrijfsleven en wetenschap professionalisering van opleidingen na op het terrein van de informatica. De in 1958 opgerichte Stichting Studiecentrum Administratieve Automatisering (in 1970 omgedoopt tot Stichting Nederlands Studiecentrum voor Informatica) was een van de organisaties die hierin een leidende rol nam. Deze organisatie zette bijvoorbeeld in 1960 een opleiding voor junior programmeurs op en kwam vier jaar later met de opleiding Automatisering en Mechanisering van de Bestuurlijke Informatieverwerking (AMBI). Later volgde hieruit het Nederlands Opleidingsinstituut voor Informatica. Begin jaren zeventig kwamen er opleidingen in het hoger beroepsonderwijs (bedrijfsinformatica aan de heao en een hogere informaticaopleiding aan de HTS). Pas in 1981 kwamen aan de universiteiten de eerste informaticaopleidingen van de grond (Bogaard et al. 2008, pp.123-135).

Begin jaren zeventig waren ook de eerste stappen gezet om leerlingen van mavo, havo en vwo kennis te laten nemen van informatica. Dat gebeurde onder andere via de cursus Elementaire computerkunde voor mavo en havo. In de jaren tachtig, vooral na de komst van de personal computer (pc), volgden vanuit overheid en bedrijfsleven veel meer initiatieven om de bevolking vertrouwd te maken met computergebruik. Eind jaren tachtig besloot de overheid om vanuit dit oogpunt voor het onderwijs als standaard te kiezen voor IBM-compatible MS/DOS computersystemen. Op alle scholen in Nederland verschenen computers, en werknemers konden via zogenaamde pc-privéprojecten computers voor thuisgebruik aanschaffen en zo zelfstandig kennismaken met een computer (Bogaard et al. 2008, pp.148-149, pp. 156-207).

Blijven inzetten op industrialisatie

Ontwikkelingen in de meet- en regeltechniek na de Tweede Wereldoorlog creëerden nieuwe mogelijkheden om machines niet alleen mechanische handelingen te laten uitvoeren, maar ook intelligent te laten reageren op veranderingen in het productieproces. De implementatie hiervan was echter niet eenvoudig en was in de meeste gevallen niet rendabel. De industrie bouwde dus voort op bestaande productietechnieken (Lintsen 2005, pp. 177-182) en computers werden vooralsnog niet ingezet. Dat gold ook voor de textielproductie in de regio Tilburg.

De economische groei in Nederland in de jaren vijftig werd aangejaagd door de internationale handel. Voor ondernemers waren de loonkosten laag door de geleide loonpolitiek van de regering. Ze investeerden fors in uitbreiding van de productie wat resulteerde in een groei van de werkgelegenheid.

De verschillende overheden stimuleerden via een industrialisatiebeleid actief de vestiging van nieuwe industriële bedrijven. De gemeentebesturen van 's-Hertogenbosch en Tilburg richtten bijvoorbeeld investeringsmaatschappijen op waardoor bedrijven tegen gunstige voorwaarden bedrijfsruimte konden huren of kopen. Gemeenten investeerden ook in de aanleg van bedrijfsterreinen en moderne woonwijken. Doel was het creëren van een zo optimaal mogelijk vestigingsklimaat. Burgemeesters gingen actief op pad om nieuwe bedrijven binnen te halen (Korsten & Lintsen 2015).

Signalen van naderende problemen, zoals het teruglopen van de winsten, werden tot het begin van de jaren zestig maar in zeer beperkte mate opgepikt. De voorzitter van de Kamer van Koophandel in Tilburg wees bijvoorbeeld herhaaldelijk op de kwetsbaarheid van de economie in de regio Tilburg. De afhankelijkheid van de productie van wollen stoffen baarde zorgen voor de toekomst. Om nieuwe investeringen mogelijk te maken en beter te kunnen inspelen op marktfluctuaties, was samenwerking tussen de bedrijven nodig. Die kwam in Tilburg echter niet van de grond. Het loslaten van de geleide loonkostenpolitiek begin jaren zestig veroorzaakte een stijging van de loonkosten die de rentabiliteit van de bedrijven aantastte en onderhuidse problemen zichtbaar maakte. Zwakkere bedrijfstakken kwamen onder druk te staan. Dat gold ook voor de Tilburgse textielbedrijven. Oproepen om in samenwerking met de wetenschap de bedrijfstak toekomstbestendig te maken en (technische) oplossingen te vinden voor de problemen – zoals de stijging van de loonkosten – leidden tot niets. Hieraan konden ook het Tilburgse gemeentebestuur en de Kamer van Koophandel niets veranderen. Tussen 1959 en 1974 sloten 64 van de 83 Tilburgse textielfabrieken hun deuren. De resterende bedrijven verdwenen in de daaropvolgende jaren. Werkten in 1950 nog 12.890 mensen in de Tilburgse textiel, in 1980 waren dat er nog maar 1.376 (Korsten & Lintsen 2015).

Automatisering

Er waren wel bedrijfstakken waar bedrijfsleven, wetenschap en overheid eendrachtig samenwerkten aan de modernisering van de productietechniek door de inzet van computers. Een duidelijk voorbeeld is de zuivelindustrie die de arbeidsintensieve, bijna nog ambachtelijke kaasfabrieken wilde reorganiseren en transformeren in grootschalige, zo veel mogelijk geautomatiseerde fabrieken met een industrieel, procesmatig karakter. Via een gezamenlijk onderzoeksinstituut, NIZO, werkte de sector vanaf het midden van de jaren vijftig samen op twee sporen: de modernisering en opschaling van bestaande machines én het ontwikkelen van een volledig nieuw, bijna volcontinu geautomatiseerd uniform

kaasproductieproces. Dit resulteerde uiteindelijk begin jaren zeventig in de Casomatic, die nog steeds het hart vormt van moderne kaasfabrieken (Berkers & Korsten 2013, p. 36-60).[26]

Het inzetten van computergestuurde besturingssystemen was in de meeste productiebedrijven allereerst bedoeld om het productiesysteem beter te regelen en te komen tot een betere productkwaliteit (Vermij 2003, pp. 302-316). Automatisering werd vaak pas interessant wanneer het ging om massaconsumptieartikelen, bijvoorbeeld gloeilampen, radio's en televisies. Hierbij ging het om de vervolmaking van de gerationaliseerde fabriek door het introduceren van zelfcontrolerende en zelfregelende machines en gemechaniseerd transport (Lintsen 2005, pp. 176-177).

In de jaren zeventig werden computers kleiner, krachtiger en goedkoper. Tegelijkertijd bood de microprocessor nieuwe mogelijkheden om machines te besturen zonder dure centrale computersystemen. Er ontstonden meer flexibele geautomatiseerde productiesystemen zoals productierobots waarmee fabrikanten beter en sneller konden inspelen op de veranderde vraag vanuit de markt en schommelingen in de afzet. In 1982 waren er in Nederland ruim vijftig robots operationeel (Lintsen 2005, pp.177-182).

Invloed crisis jaren zeventig en tachtig

In 1973 kwam er een eind aan een periode van stabiliteit en economische groei die rond 1950 was begonnen. De oliecrisis, waarbij de OPEC-landen de olieprijs verhoogden, vormde het zichtbare omslagpunt. Het vertrouwen in de economie nam af, aandelenkoersen daalden, de inflatie zette onverminderd door, bedrijven investeerden minder en de wereldhandel stagneerde. De eerste wereldwijde depressie na de Tweede Wereldoorlog was een feit.

Tot 1979 leken de gevolgen van de crisis in Nederland nog mee te vallen. Dat kwam met name doordat de (particuliere) consumptie bleef groeien. Hier speelde het Keynesiaanse economisch stimuleringsbeleid van het kabinet Den Uyl (1973-1977) een rol. Via onder andere het verhogen van uitkeringen en lonen, het verhogen van overheidsuitgaven voor sociale en culturele doeleinden en het verlenen van subsidies en goedkope leningen voor bedrijven probeerde het kabinet de Nederlandse economie op gang te houden. "Het uitgebreide systeem van sociale voorzieningen voorkwam dat de economische teruggang direct vertaald werd in een drastische daling van de consumptieve vraag. De keerzijde hiervan was dat het tekort van de overheid begon toe te nemen en dat, mede door een verhoging van de belasting- en de premiedruk, de loonkosten sterker stegen dan in het buitenland. Conjunctureel was het

---

26 In opdracht van FrieslandCampina hebben Eric Berkers en Jan Korsten in 2013 en 2014 onderzoek uitgevoerd naar de R&D- geschiedenis van FrieslandCampina en zijn voorgangers. De ontwikkeling van de industriële kaasproductie was een van de onderwerpen.

beleid van het kabinet-Den Uyl wellicht juist, maar de structurele problemen werden niet opgelost, integendeel" (Zanden & Griffiths 1989, p. 258).

Door de ruime internationale geldmarkt was het relatief goedkoop om externe financiering te krijgen, zowel voor particulieren als voor bedrijven. Werd in Nederland in 1970 één miljard gulden aan consumptief krediet verstrekt, acht jaar later was dat al gestegen tot 7,8 miljard gulden. Ook het bedrijfsleven maakte meer gebruik van externe financiering. Het eigen vermogen van de aan de beurs genoteerde naamloze vennootschappen als percentage van het beurs-totaal daalde van 38 procent in 1973 tot 32 procent in 1978. Bedrijven zetten in op diversificatie om de stabiliteit van het bedrijf te vergroten en minder afhankelijk te zijn van een activiteit. Op grote schaal werden met behulp van goedkope externe financiering nieuwe activiteiten opgezet of werden bedrijven overgenomen. Er ontstonden conglomeraten zoals OGEM, RSV, KSH en Heidemij die bestonden uit allerlei niet of nauwelijks met elkaar in verband staande divisies.

De tweede oliecrisis van 1979 resulteerde in een nieuwe depressie. De werkloosheid nam sterk toe, de rente steeg en de consumptie en de investeringen liepen terug. De oplopende rente zorgde voor een crisis op de huizenmarkt en veroorzaakte ook een golf aan faillissementen. Tussen 1980 en 1984 gingen 27.000 bedrijven failliet, waarbij 150.000 mensen hun baan verloren. Nieuw was dat een deel van de werkloosheid een structureel karakter had, vraag en aanbod op de arbeidsmarkt kwamen niet langer overeen. Om de crisis de baas te worden, bezuinigde het kabinet-Lubbers I (1982-1986) fors. Sociale uitkeringen, ambtenarensalarissen en het minimumloon werden verlaagd en subsidieregelingen voor het bedrijfsleven werden afgebouwd (Zanden & Griffiths 1989, pp. 255-274).

Rol regio

De rol van regionale actoren bleek cruciaal voor het vinden van een oplossing en het creëren van nieuwe werkgelegenheid om zowel door de crisis weggevallen arbeidsplaatsen als de groei van de beroepsbevolking op te vangen. De ontwikkeling van de regio Tilburg (Midden-Brabant) illustreert dit. Mede door het creëren van een gunstig vestigingsklimaat met een goede infrastructuur vestigden zich vanaf de jaren zestig dienstverlenende bedrijven en organisaties in Tilburg waardoor de economische basis werd verbreed. De gunstige vestigingsvoorwaarden trok ook nieuwe industriële werkgelegenheid aan. Begin jaren zeventig was Tilburg zelfs serieus in beeld voor de vestiging van een nieuwe fabriek van Volkswagen die voor 6.000 mensen werk zou opleveren. Uiteindelijk besloot Volkswagen helemaal af te zien van de vestiging van een nieuwe fabriek. Bijna als pleister op de wonde kwam er wel een vestiging van Van Doorne's Transmissie naar Tilburg (Korsten & Lintsen 2015).

In de jaren tachtig ontwikkelde iedere regio een eigen traject om de problemen het hoofd te bieden en de regionale economie weer vlot te trekken. Zo zette de regio Tilburg in op het creëren van een gunstig vestigingsklimaat voor de toeristische en recreatieve sector. De regio Eindhoven zag de hightech industrie als de motor van de toekomstige ontwikkeling, terwijl 's-Hertogenbosch zich meer richtte op dienstverlening. In meer of mindere mate speelden techniek en technische infrastructuren een rol bij deze ontwikkelingen. Vanzelfsprekend werden hierbij nieuwe technologieën zoals de microprocessor geïntegreerd. Een belangrijke aanjager vormde echter het regionale actorennetwerk – bedrijven, gemeenten, provincie – dat inzette op het uitbouwen van de sterke en onderscheidende punten van de regio.

3.4 Conclusies

Nieuwe generieke technieken – stoomkracht, elektriciteit en informatietechnologie – speelden de afgelopen twee eeuwen een rol bij het op gang brengen van veranderingsprocessen die leidden tot maatschappelijke transformaties. Hoe groot die rol was, hing af van de bredere economische, maatschappelijke en politiek-bestuurlijke context. Om optimaal van een nieuwe techniek te kunnen profiteren, moesten de maatschappij en de techniek op elkaar zijn afgestemd. Daarvoor was telkens een proces van verandering en aanpassing nodig. In het geval van stoom en elektriciteit duurde het meer dan een halve eeuw voordat Nederland hiervan daadwerkelijk economisch kon profiteren.

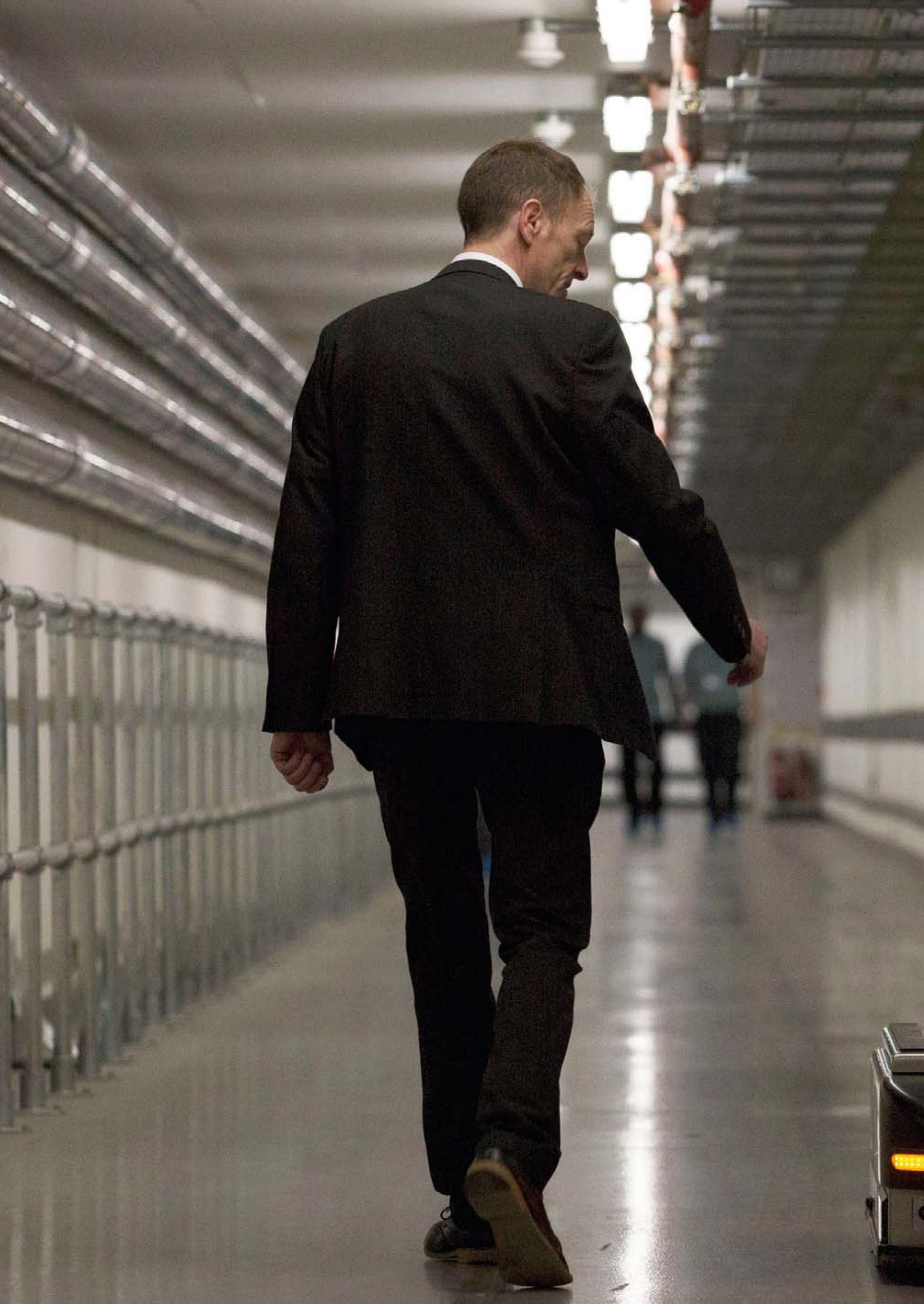
De overheid – gemeenten, provincie en rijk – stimuleerde de implementatie van nieuwe technieken door het creëren van goede voorwaarden; in de negentiende eeuw via de totstandbrenging van een transport- en kennisinfrastructuur en aan het begin van de twintigste eeuw via het reguleren van nieuwe praktijken door wet- en regelgeving, bijvoorbeeld de sociale wetgeving. Dit kon echter alleen gebeuren in samenwerking met alle betrokken actoren of hun vertegenwoordigers.

De ontwikkelingen in Nederland verliepen vrij geleidelijk en niet schoksgewijs. Verschillende technieken bleven naast elkaar functioneren. Een belangrijke factor daarbij was de investeringsbereidheid van ondernemers. Hier speelden macro-economische en bedrijfseconomische omstandigheden een rol. De overheid kon wel faciliteren door via een goed vestigingsklimaat investeringen aantrekkelijk te maken. In toenemende mate zijn regio's hierin een belangrijke rol gaan spelen.

Nieuwe generieke technieken boden een voedingsbodem voor de opkomst van nieuwe organisatievormen in het bedrijfsleven. Tijdens de eerste industriële revolutie werd ambachtelijk werk gemechaniseerd en in toenemende mate gecentraliseerd op één productielocatie. De klassieke fabriek ontstond. De tweede industriële revolutie bood mogelijkheden voor de opkomst van

grootschalige gerationaliseerde fabrieken en dienstverleners. De derde industriële revolutie leverde de technische mogelijkheden voor een verdere beheersing van het productieproces door de inzet van computers. Op welke wijze en in welk tempo veranderingen plaatsvonden, hing sterk af van de specifieke context.

In Nederland leidden nieuwe generieke technieken tot op heden niet tot structurele crises op de arbeidsmarkt. Macro-economische en conjuncturele factoren waren steeds de belangrijkste oorzaak van crises. De inzet van nieuwe technieken op de arbeidsmarkt heeft altijd wel geleid tot de noodzaak om vraag en aanbod van arbeid, bijvoorbeeld via het onderwijs, beter op elkaar af te stemmen.



2 Relatie technologie en werkgelegenheid



Intermezzo

Interview met
Bart van Ark,
Rijksuniversiteit Groningen
en Conference Board (VS)

Intermezzo

"Omarm technologie, en durf te experimenteren"

Bart van Ark, hoogleraar economie aan de Rijksuniversiteit Groningen en chef-econoom bij The Conference Board, is stellig: "Europa en daarmee Nederland heeft veel in huis waarmee technologie-adoptie in goede banen kan worden geleid, maar moet die mogelijkheden wel benutten".

Europa en Nederland moeten zorgen dat ze niet achterop gaan lopen in innovatie en de adoptie van nieuwe technologie; dat is risicovol", waarschuwt Van Ark. "Als we in Europa niet snel genoeg zijn, raken we concurrentiekracht kwijt." Daarom zou volgens Van Ark elke sector zich moeten afvragen hoe ze nieuwe technologieën gebruiken, zelfs als deze technologieën disruptief zijn. Dat geldt ook voor niet-commerciële sectoren zoals zorg en onderwijs.

Heel slecht doen we het in Nederland niet, erkent Van Ark. De financiële huishouding van de overheid is versterkt en op macro-economisch niveau is herstel merkbaar. Maar wat betreft de mogelijkheden om nieuwe technologieën om te zetten in innovaties, producten en diensten valt nog veel te wensen. Van Ark benadrukt dat niet meer 'harde' ICT-infrastructuur belangrijk is voor de ontwikkeling van nieuwe innovaties maar juist nieuwe *toepassingen* van bestaande technologie. Ook het tempo waarin in Nederland nieuwe technologieën worden ingezet, blijft laag. In hoeverre dat typisch Nederlands is, is volgens Van Ark lastig te zeggen. Duidelijk is voor hem wel dat men in de VS sneller is met technologie-adoptie dan in Europa. Dit heeft ook schaduwzijden, wijzend op het verband tussen snelle veranderingen en de flexibiliteit van de arbeidsmarkt: "Het risico zit hem vooral in het feit dat mensen uit de boot vallen en nooit meer terug komen. Dat is te ondervangen door sterk in te zetten op scholing, en vooral bedrijven zelf daar een belangrijke rol in te laten spelen, zodat ze goede mensen vast kunnen houden."

In algemene zin verschilt de Europese economie, en de Nederlandse als deel daarvan, op verschillende punten van de Amerikaanse. Van Ark wijst op een gebrek aan schaal: de afwezigheid van één Europese markt. Vooral op het gebied van diensten is de markt erg gefragmenteerd. Hij legt uit dat een verdere eenwording van de Europese markt belangrijk is (denk aan Europese IP-wetgeving en de Dienstenrichtlijn). Ook het scheppen van de juiste voorwaarden voor Europa brede groei is juist voor Nederland van groot belang. De huidige fragmentatie belemmert de opschaling aan de inputkant: introductie van technologieën en innovaties, maar ook het aantrekken van kapitaal en de 'best brains'. Aan de outputkant profiteert Europa te weinig van schaalvoordelen en goedkopere productie en afzet.

Van Ark breekt daarom een lans voor het vervolledigen van de liberalisering van de interne markt en het scheppen van kaders waarbinnen nationale overheden kunnen: "Laat de EU zorgen dat lidstaten elkaar niet in de weg zitten. En laat vervolgens de implementatie aan de lidstaten", stelt de hoogleraar. Nationale overheden kunnen namelijk belangrijke impulsen aan innovatie geven, bijvoorbeeld door onderwijsbeleid met nadruk op economische, innovatieve en ICT-competenties of een gunstig vestigingsklimaat voor investeringen in technologie. Ook binnen de landen kan innovatie versterkt kan worden, voegt hij toe, wijzend op succesvolle regionale innovatieve clusters als Brainport. Van Ark vervolgt dat op regionaal niveau het concept van slimme specialisatie (*smart specialisation*) mogelijkheden biedt, ook voor Nederland. Qua uitvoering zou de nationale overheid veel moeten overlaten aan de regionale of zelfs stedelijke overheden, met de bijbehorndед middelen. Het draait hierbij om ruimte voor ondernemerschap, en samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en de onderwijssector om innovatiesystemen zich organisch te laten ontwikkelen (dus geen industriebeleid van bovenaf of toekomstverkenningen laten uitvoeren).

Kijk naar beleidsexperimenten van andere lidstaten en leer ervan, is het devies van de eerste niet-Amerikaanse chef-econoom in de bijna 100-jarige geschiedenis van The Conference Board. Geef mensen en bedrijven de gelegenheid zich aan te passen. Richt subsidies bijvoorbeeld zo in dat ze helpen een bedrijf op te starten, maar ook dat dat bedrijf er snel weer van af kan. Ook het volledig open gooien van de onderzoeksmarkt kan volgens Van Ark vruchtbaar experiment zijn. "We moeten niet denken in 28 lidstaten, maar in één Europese ruimte, waarin we verschillende Silicon Valleys naast elkaar kunnen hebben." Door ruimte te bieden aan experimenten zouden, net als in de VS, op onverwachte plekken innovatiehubs kunnen ontstaan die hooggeschoolden aantrekken. Dat voorkomt dat Europees talent naar de VS vertrekt.

Technologie dient dus te worden omarmd. Europese instituties moeten dat beter faciliteren. "Europa moet zijn instituties ten positieve aanwenden. En niet afbreken!" Ook vraagt het om de juiste incentives voor organisaties – die ontbreken hier grotendeels., aldus Van Ark. Dat vergt een cultuuromslag. Er moet op beleidsniveaus worden gedacht, en die niveaus moeten op Europees, nationaal en regionaal vlak op elkaar worden afgestemd. Hij pleit daarbij voor een sterkere nadruk op regionale regulering om de besluitvorming te faciliteren.

4 Technologie en arbeidsproductiviteit

Frans van der Zee

Dit hoofdstuk gaat in op de relatie tussen technologische innovatie, productiviteitsgroei en economische groei. Welke concepten en indicatoren worden gebruikt om deze relatie in kaart te brengen, en wat zijn de voor- en nadelen daarvan? Deze vraag staat centraal in paragraaf 4.1. Paragraaf 4.2 geeft antwoord op de vraag welke bijdrage de IT-revolutie de afgelopen tien tot vijftien jaar aan productiviteitsgroei heeft geleverd. Er is wetenschappelijke overeenstemming over de belangrijke rol van IT in de groeicijfers gedurende de laatste jaren, maar de prognoses onder wetenschappers over de invloed van de IT-revolutie op de productiviteits- en economische groei voor de komende jaren lopen zeer uiteen, zo blijkt uit paragraaf 4.3. En hoewel productiviteitsgroei zich niet leent zich voor beleidsingrijpen in directe zin, eindigt het hoofdstuk in paragraaf 4.4. met een aantal belangrijke denkrichtingen voor beleid.

4.1 Arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland in perspectief

Economische groei en productiviteit zijn twee begrippen die nauw met elkaar verbonden zijn. Hoe productiever, hoe meer economische groei, lijkt een logische aanname. Toch ligt de relatie voor een economie als geheel complexer. Als we naar de economische groei van Nederland kijken in de afgelopen decennia, dan is een flink deel daarvan terug te voeren op de inzet van meer mensen als gevolg van een grotere arbeidsparticipatie, met name van vrouwen. Er was niet alleen sprake van een sterke stijging van het aantal actieven op de arbeidsmarkt, maar ook de inactiviteit liep fors terug. Was de verhouding tussen inactieven en actieven[27] in 1980 nog 37 op 100, in 2010 was dit aantal gedaald tot 22 (WRR 2014). Behalve een hogere arbeidsparticipatie was er ook sprake van een stijging van de productiviteit, ofwel een stijging van de productie (output) bij dezelfde inzet van middelen (input).

De meest gehanteerde maatstaf voor productiviteit is arbeidsproductiviteit. Arbeidsproductiviteit kan op verschillende manieren worden berekend. Gangbaar is het bruto binnenlands product (BBP) te delen door het aantal gewerkte uren, het aantal werkenden, of het aantal mensen (per hoofd). Kijken we naar de arbeidsproductiviteit in absolute termen, dan scoort Nederland

---

27 Voor de begripsomschrijving van ‘actieven’ en ‘inactieven’ op de arbeidsmarkt zoals gehanteerd door het CBS, zie http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/begrippen/default.htm?ConceptID=336.

wereldwijd erg hoog, met een zesde plaats in 2012 op de wereldranglijst, met alleen Noorwegen, Luxemburg, Ierland, België en de Verenigde Staten op een hogere plek (WRR 2014).

Onze productiviteit is in de laatste decennia weliswaar elk jaar gestegen, maar daarbij moeten twee belangrijke kanttekeningen worden geplaatst. Ten eerste is de productiviteits*groei* in Nederland fors afgenomen. Uit CPB-cijfers blijkt dat de gemiddelde productiviteitsgroei op jaarbasis in de jaren zeventig 3,4 procent bedroeg, in de jaren tachtig 2,0 procent en in de jaren negentig 1,7 procent; dit laatste percentage gold ook voor de daaropvolgende periode 2000-2009.

Zoals Tabel 6 laat zien, neemt de groei van het BBP per gewerkt uur in Nederland vanaf de jaren negentig gestaag af, om te dalen tot een niveau van 1,5 procent op jaarbasis. De crisisperiode laat een gevoelige daling zien tot een groeiniveau van nagenoeg nul, met ook de laatste jaren een uiterst moeizaam herstel tot gemiddeld 0,5 procent per jaar. Kijken we naar de arbeidsproductiviteitsontwikkeling per hoofd, dan wordt een grilliger verloop zichtbaar; vooral de periode vanaf de crisis valt daarbij op, met een afnemende arbeidsproductiviteit. De huidige productiviteitscijfers zijn inmiddels weer wat beter. In de meest recente analyse van het CPB wordt gerekend met een arbeidsproductiviteitsgroei (in arbeidsjaren) van 1,1 procent in 2015 en 1,3 procent in 2016 (zie CBP 2015). De groei komt daarmee lager uit dan in 2014 (1,5 procent), maar is aanmerkelijk hoger dan in 2013 (0,4 procent).

Tabel 6 Ontwikkeling productiviteit in Nederland, gemiddelde groei per jaar (in %).

Periode	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2001-2007	2007-2013	2009-2013
BBP per gewerkt uur*	3,9	1,7	1,4	1,5	0,1	0,5
BBP per hoofd*	2,3	1,7	2,5	1,7	-0,6	-0,3

* Tegen constante prijzen.

Bron: OESO.[28]

Een tweede kanttekening is dat Nederland behoorlijk terrein verloren heeft ten opzichte van andere landen. Was Nederland tot 1980 nog een van de internationale koplopers qua productiviteitsgroei, vanaf 1980 is Nederland een goede middenmoter onder de westerse landen (WRR 2014). In de periode 2001-2007, voorafgaand aan de crisis, was de jaarlijkse productiviteitsgroei, in termen van

28 http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDB_GR

BBP per gewerkt uur, in Nederland aanmerkelijk lager dan in Zweden, Finland, de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk (alle op of boven de 2 procent).

In Tabel 7 wordt de arbeidsproductiviteitsgroei van Nederland vergeleken met die van Duitsland vanaf de jaren zeventig, en vanaf 2001 met die in de Eurozone en de OESO-landen als geheel. Daarbij valt op dat Nederland in de periode 2007-2012 gevoelig achterblijft bij Duitsland, de OESO, maar ook bij de Eurozone als geheel. Nederland doet het vanaf de jaren tachtig minder goed dan Duitsland, met uitzondering van de periode 2001-2007.

Tabel 7 Arbeidsproductiviteitsgroei Nederland, Duitsland, Eurozone en OESO vergeleken (in %).

Periode	1970-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2001	2001-2007	2007-2012	2009-2012
NL	3,9	1,9	1,6	0,9	1,1	1,8	-0,3	0,4
D	3,8	2,2	2,5	2,5	1,3	1,6	0,3	1,4
Eurozone	..	..	..	..	..	1,3	0,5	1,3
OESO	..	..	..	..	..	2,0	-0,1	1,6

.. : geen cijfers beschikbaar.

Bron: OESO.[29] Groei reëel BBP per gewerkt uur, gemiddelde jaarlijkse groei.

Andere factoren van invloed op productiviteit en productiviteitsgroei

Hoewel arbeidsproductiviteit als maatstaf breed gebruikt wordt voor productiviteitsgroei, zijn enkele kanttekeningen daarbij op zijn plaats. Arbeidsproductiviteitsgroei betekent ogenschijnlijk dat de productiviteitsstijging aan de factor arbeid kan worden toegerekend. Maar schijn bedriegt. Niet alleen de factor arbeid kan productiever worden (slimmer, beter opgeleid, sneller), maar ook andere productiefactoren kunnen dat. Zo worden onze computers en telefoons *'smarter'*, worden grondstoffen beter benut, met minder vervuiling aangewend en gerecycled, en wordt ons machinepark ('kapitaalgoederen' in economenterminologie) steeds efficiënter, flexibeler en beter genetwerkt (het zogenoemde Internet der Dingen, zie ook Hoofdstuk 2). Vaak zit de groei ook in een slimmere, efficiëntere combinatie van de productiefactoren arbeid en kapitaal. Daarnaast wordt arbeid ook in toenemende mate vervangen door nieuwe technologie, dat wil zeggen, door robots, de zelfrijdende (vracht)auto en zelfsturende, door sensors en slimme algoritmen gedreven productieprocessen (smart industry of Industrie 4.0, zie ook Hoofdstuk 2). Naarmate

29 http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDB_GR

technologie de mens vervangt, wordt het begrip arbeidsproductiviteit een steeds leger begrip.[30]

Een belangrijke valkuil van het arbeidsproductiviteitsbegrip is dat het de onderliggende factoren van productiviteitsgroei niet laat zien. Als we alleen kijken naar het aantal gewerkte uren, weten we niet precies hoe we productiever zijn geworden. Naast de (productie)factor arbeid dragen namelijk ook andere factoren bij aan productiviteitsgroei waaronder kapitaalgoederen en overige inputs (materialen, grondstoffen), maar ook veranderingen in technologie. Zo kan arbeid beter worden geschoold en getraind, en kunnen kapitaalgoederen onder invloed van technologie en innovatie worden vervangen door een nieuwere productievere versie (kapitaalverdieping).

Daarnaast kan er sprake zijn van een verbetering van de algehele efficiëntie waarin arbeid, kapitaal en andere inputs worden gecombineerd, ofwel een hogere *totale factorproductiviteit* (TFP), ook wel aangeduid als *multifactorproductiviteit* (MFP).[31] MFP omvat met name de zogenaamde *disembodied technological change*, ofwel de impact van *intangible assets* (ook wel *intangibles* of immateriële activa) als R&D, kennis en organisatie op de groei van de productie. Er is bovendien plausibel statistisch bewijs dat een hogere MFP en ICT-gebruik nauw met elkaar verbonden zijn (Bartelsman 2013; Corrado et al. 2007).

Door de productiviteitsgroei op te knippen in verschillende componenten (beter opgeleide, 'slimmere' en daarmee productievere arbeid, ofwel een verbetering in de kwaliteit van de factor arbeid; slimmere kapitaalgoederen door diepte-investeringen, ofwel kapitaalverdieping; en MFP-groei) kan bij tegenvallende groei een veel beter beeld worden gegeven van waar de schoen wringt, of kan bij opvallende groei de motor van het succes worden gevonden. Ook kan waar dat nodig is, gerichter beleid worden geformuleerd.

---

30 Stelt u voor, een directeur-grootaandeelhouder van een middelgroot bedrijf vervangt van de ene op de andere dag zijn personeel compleet door robots, om de concurrentie een stap voor te blijven en zijn kosten omlaag te brengen. Hij wordt daarmee zelf enorm productief, immers alle productie kan aan hem worden toegerekend als enige nog overblijvende werknemer van het bedrijf. Maar wat zegt deze explosieve arbeidsproductiviteitsstijging werkelijk?

31 Productiviteit is output per eenheid input. De eenheid van input kan bestaan uit arbeidsuren (arbeidsproductiviteit) of uit alle productiefactoren tezamen waaronder arbeid, machines, energie, etc. (totale factorproductiviteit, TFP). In de praktijk wordt TFP- groei gemeten als residuele groei, met andere woorden, als dat deel van de BBP-groei dat niet kan worden verklaard door de groei en samenstelling van arbeid of kapitaal.

4.2 Het belang van technologie, en in het bijzonder ICT, voor productiviteitsgroei[32]

Met het groeiend belang van technologie en innovatie, en in het bijzonder ICT, in economie en samenleving is ook de aandacht voor het meten van hun bijdrage aan productiviteit en productiviteitsgroei fors toegenomen. De IT-revolutie, die zich vanaf de jaren zestig voltrekt en vanaf de jaren tachtig met de introductie van de pc en het internet in de jaren negentig nog duidelijker gestalte krijgt, is interessant, vooral ook vanuit het oogpunt van productiviteit. Dat ICT zorgde voor grote veranderingen in het productie- en arbeidsproces was duidelijk. Onduidelijk echter was lange tijd of en waar we die investeringen in ICT vervolgens terugzagen in de productiviteitscijfers. Deze Solow-paradox – naar een befaamde uitspraak van de Amerikaanse econoom Robert Solow uit 1987: *"You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics"*,– lijkt intussen opgelost, hoewel recentelijk nieuwe vragen opduiken).[33]

Tabel 8 Decompositie economische groei marktsector, 1996-2009 (procentpunten).

	1996-2009	1996-2000	2001-2005	2006-2009
Groei toegevoegde waarde*	2,6	4,4	1,5	1,7
Bijdrage determinanten:				
Totaal kapitaal en arbeid	1,6	3,2	0,1	1,3
Kapitaal	0,8	1,6	0,4	0,5
Niet-ICT-kapitaal	0,2	0,6	-0,1	0,1
ICT-kapitaal	0,6	1,0	0,5	0,4
Arbeid	0,7	1,6	-0,3	0,8
Multifactorproductiviteit (MFP)	1,1	1,2	1,4	0,4

*Jaarlijkse volumemutatie, gemiddeld.

Bron: CBS 2014a, op basis van CBS Groeirekeningen.

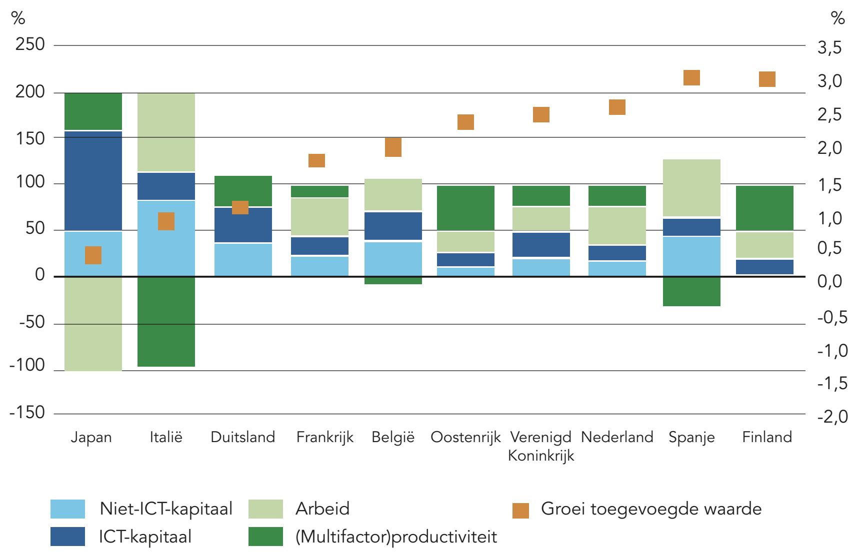
32 Dit hoofdstuk spreekt over ICT (en niet over IT), omdat in de onderliggende economische data ook over ICT wordt gesproken.

33 In het wetenschappelijk artikel 'The return of the Solow-paradox' onderzoeken Acemoglu et al. (2014) de hypothese van 'technologie-optimisten' als Brynjolffson en McAfee dat IT zal zorgen voor grote productiviteitsstijgingen die werknemers snel overbodig zullen maken. Zij vinden echter geen duidelijk bewijs in de statistieken voor snellere productiviteitsgroei, en waar ze wel snellere groei vinden is tegen de verwachting in sprake van een dalende output en een nog snellere daling van de werkgelegenheid: "If IT is indeed increasing productivity and reducing costs, at the very least it should also increase output in IT intensive industries. As this does not appear to be the case, the current resolution of the Solow paradox does not appear to be what adherents of the technological-discontinuity view had in mind" (Acemoglu et al. 2014, p. 1).

De bijdrage van ICT aan de economische groei kan op verschillende manieren worden gemeten. Zo kan de kapitaalgoederenvoorraad worden gesplitst in een deel 'ICT-kapitaal' (computers en dergelijke) en een deel 'niet-ICT-kapitaal' (gebouwen, machines, autopark en dergelijke), waarmee hun impact op de groei kan worden bepaald. Een andere manier om naar de bijdrage van ICT te kijken, gaat uit van het onderscheid tussen ICT-producerende (zoals chipfabrikant ASML) en ICT-gebruikende sectoren (zoals de bankensector of de reisbranche). De bijdrage van ICT aan productiviteitsgroei bestaat dan, naast een productiviteitseffect dat uitgaat van ICT-producerende sectoren, uit een investeringseffect door ICT-gebruikende sectoren (kapitaalverdieping), en een algeheel productiviteitseffect als gevolg van verbeteringen in efficiency door ICT-gebruik.

Als we kijken naar de rol en impact van ICT op de groeiontwikkeling in de afgelopen jaren, dan wordt duidelijk dat vooral ICT-kapitaal een belangrijke rol heeft gespeeld en goed is voor bijna een kwart van de groei (CBS 2014a). Met een gering aandeel in de totale productiekosten van ongeveer 5 procent is de bijdrage van ICT-kapitaal aan de economische groei daarmee feitelijk disproportioneel groot. De bijdrage van de component arbeid is nipt groter, met 0,7 procentpunt. Dat de kosten van ICT-kapitaal zo beperkt blijven, is in belangrijke mate te danken aan de Wet van Moore (zie Kader 2 in Hoofdstuk 2). Volgens deze 'wet' verdubbelt elke twee jaar het aantal transistors op een microchip, terwijl de productiekosten gelijk blijven.

Figuur 4 Decompositie economische groei marktsector 1996-2009, internationaal (procentpunten).



Bron: CBS 2014a, op basis van EU KLEMS.

Hoe Nederland het in de periode 1996-2009 gemiddeld ten opzichte van het buitenland heeft gedaan, is af te lezen in Figuur 4. Opvallend is dat de MFP-bijdrage in Italië en Spanje negatief is, tegenover een sterk positieve MFP-bijdrage in Finland, Oostenrijk en Duitsland. MFP-groei is bij uitstek slimme groei waarin intangibles als R&D, kennis en organisatie een belangrijke rol spelen. Als we de Duitse groei met die van Nederland vergelijken dan valt op dat de bijdragen van kapitaal (ICT en niet-ICT) en MPF veel groter zijn dan in Nederland[34]. Nederland valt vooral op door de grote bijdrage van de factor arbeid (zie Tabel 9). Het aandeel ICT-kapitaal in de groei is in absolute zin vergelijkbaar met landen als Frankrijk en Oostenrijk, maar bevindt zich in de onderste regionen. Opvallend is ook Japan dat de effecten van vergrijzing op de groei (een sterk negatieve arbeidscomponent) compenseert met een zeer forse bijdrage van ICT-kapitaal.

Een tweede manier om de relatie tussen ICT en productiviteit te duiden, is door een onderscheid te maken tussen ICT-producerende en ICT-gebruikende sectoren. De bijdrage van ICT aan productiviteitsgroei bestaat dan, naast een productiviteitseffect door de ICT-producerende sectoren, uit een investeringseffect door de ICT-gebruikende sectoren (kapitaalverdieping), en een algeheel productiviteitseffect als gevolg van verbeteringen in efficiency door ICT-gebruik. Toegepast op Nederland voor de periode 1996-2009 (zie Tabel 9) valt vooral de forse groei van de ICT-diensten op, met een groei van 10,8 procent (!) op jaarbasis over de gehele periode, met daarin een groot aandeel voor MFP en ICT-kapitaal. Uit CBS-berekeningen blijkt dat de ICT-sector, en met name de telecomsector, een disproportioneel hogere groeibijdrage levert dan op basis van zijn omvang verwacht zou mogen worden. Ook de ICT-intensieve bedrijfstakken handel en financiële sector dragen veel bij.

34 Daarbij kan ook worden opgemerkt dat Nederland en Duitsland andere sectorstructuren hebben.

Tabel 9 Decompositie economische groei marktsector naar subsector, 1996-2009 (procentpunten).

	Niet-ICT-sectoren	ICT-industrie	ICT-diensten	Totaal
Groei toegevoegde waarde*	2,3	-0,5	10,8	2,6
Bijdrage determinanten:				
Totaal kapitaal en arbeid	1,4	-0,5	6,4	1,5
Kapitaal	0,7	1,8	3,0	0,8
Niet-ICT-kapitaal	0,2	1,3	0,9	0,2
ICT-kapitaal	0,6	0,5	2,1	0,6
Arbeid	0,6	-2,3	3,5	0,7
Multifactorproductiviteit (MFP)	0,9	0,0	4,4	1,1
Sectoromvang (% productiekosten van totaal)	94,8	0,8	4,4	100

Bron: CBS 2014a, op basis van CBS Groeirekeningen

(* jaarlijkse volumemutatie, gemiddeld)

Naast de *directe* bijdrage van ICT, door groei van de ICT-sector en de bijdrage van ICT-kapitaal door andere sectoren, is er bovendien sprake van een *indirecte* bijdrage van ICT aan de groei, als gevolg van netwerkeffecten en andere zogenoemde externaliteiten. Immers, de waarde van het gebruik van ICT wordt groter naarmate er meer bedrijven gebruik van maken. Dit geldt bijvoorbeeld voor de steeds verdere automatisering in productieketens, waarin voorraadbeheer van bedrijven en klanten onderling verbonden is en leveringen daardoor automatisch afgestemd en bovendien real-time gevolgd kunnen worden. Met de opkomst van het Internet der Dingen worden deze netwerkeffecten nog belangrijker. Daarnaast wordt in de directe groeibijdrage van ICT geen rekening gehouden met de vraag hoe ICT de combinatie van productiefactoren verder kan versterken en innovatie kan faciliteren. De omvang van al deze *spillover*-effecten is echter zeer lastig te bepalen. De bijdrage van ICT en technologie aan productiviteit is dan ook meer algemeen. Concluderend kunnen we stellen dat de schattingen van de directe bijdrage van ICT aan de groei van de productiviteit en de economie een ondergrens aangeven. De totale berekende bijdrage van ICT aan de groei is dus een onderschatting. Bovendien wordt de onderschatting van ICT aan de groei steeds groter doordat de aard van de huidige investeringen ook steeds meer verschuift naar intangibles als R&D, intellectueel eigendom, en meer algemeen naar kennis en organisatie (Corrado & Hulten 2010). Het meten van de invloed van intangibles wordt mede daarom steeds belangrijker (Corrado et al. 2013).

4.3 De komende decennia

Na de jaren van de Grote Recessie die Nederland vanaf 2008 in zijn greep hield, vertoont de Nederlandse economie sinds 2013 weer een lichte groei. Het CPB voorspelt in zijn recente CEP-maartraming een BBP-groei van 1,7 procent in 2015 en 1,8 procent in 2016. Tegelijkertijd zijn er de nodige vraagtekens, over het aantrekken van de wereldhandel, de olieprijs, de groei van opkomende landen waaronder China, Brazilië en Rusland, maar vooral ook over Europa zelf.[35] Hoe ziet die groei er de komende jaren uit, wat zijn de verwachtingen over de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit en wat is de rol van technologie daarbij?

Een toekomst van seculaire stagnatie, *robots taking our jobs* of excessieve productiviteitsgroei?

In het huidige debat over economische groeivooruitzichten op langere termijn spelen technologie en innovatie een niet onbelangrijke rol. Maar de kern van dit debat onder economen, dat vooral aangevoerd wordt door Amerikaanse economen van naam en faam, spitst zich ook toe op andere factoren en is daarmee niet exclusief technologie-georiënteerd. Grofweg zijn in dit debat twee kampen te onderscheiden. Het ene kamp benadrukt vooral de aanbodfactoren die het productief vermogen bepalen (*potential output*, zie ook Bijlage 5), en het andere kamp richt zich vooral, maar niet exclusief, op de vraagkant van de economie.

In dat laatste kamp bevindt zich prominent Lawrence Summers. In 2013 gaf hij met zijn these dat Europa en de Verenigde Staten het risico lopen om in een situatie van langdurige seculaire stagnatie terecht te komen, het zogenaamde groeidebat een nieuwe impuls. Seculaire stagnatie *(SecStag)* is een toestand van lage rente, lage groei en lage inflatie (of zelfs deflatie), gekoppeld aan hoge werkloosheid (zie onder meer Summers 2014 en 2014a; Teulings & Baldwin 2014; De Vries 2014).[36] Toekomstige groei is vooral laag bezien vanuit de potentiële groei op lange termijn, waarin er sprake is van meer besparingen dan investeringen. Normaal gesproken zorgt de centrale bank – de ECB in het geval van Europa – voor een verlaging van de rente waardoor beide weer in evenwicht kunnen komen. Maar in een zwakke economie met een lage inflatie kan de rente die nodig is om dat evenwicht te bereiken, negatief worden in reële termen. In de woorden van Summers op het IMF Economic Forum van 8

---

35 Een dreigende uittreding van Griekenland uit de euro (Grexit), een depreciërende euro, de nog moeilijk te duiden effecten van QE-maatregelen (*Quantitative Easing*) van de ECB, maar ook de voortgang op belangrijke dossiers van verdere Europese integratie, waaronder de Single Market for Services (Dienstenrichtlijn).

36 De idee van seculaire stagnatie gaat terug op Alvin Hansen (1939): *"This is the essence of secular stagnation – sick recoveries which die in their infancy and depressions which feed on themselves and leave a hard and seemingly immovable core of unemployment."*

november 2013: *"(…) We may well need, in the years ahead, to think about how we manage an economy in which the zero nominal interest rate is a chronic and systemic inhibitor of economic activity, holding our economies back below their potential."* Er zijn volgens Summers twee manieren om uit deze zogenaamde liquiditeitsval *(liquidity trap)* te komen: een goede en een slechte (*The Economist* 2015b). De 'slechte' manier volgt het pad van een lange periode van zeer lage rente die leidt tot een nieuwe *bubble* (zeepbel) en zo consumenten opnieuw aanzet tot lenen en uitgeven. De 'goede' manier is dat overheden het probleem onderkennen en met gericht beleid actie ondernemen, zowel door te lenen (waardoor het spaaroverschot vermindert) als door gericht te investeren. Volgens Summers, maar bijvoorbeeld ook volgens de vooraanstaande Amerikaanse econoom Paul Krugman, zijn de kansen dat Europa een toekomst tegemoet gaat van langdurige seculaire stagnatie aanzienlijk en groter dan in de Verenigde Staten (Krugman 2014). Daarmee is niet gezegd dat technologie en innovatie niet belangrijk zijn, maar dat de investeringen die ervoor moeten zorgen dat nieuwe technologie en innovatie ook daadwerkelijk gebruikt worden en onderdeel worden van het productiekapitaal, achterblijven. Summers (2014b) wijst daarnaast nog op het effect van afnemende bevolkingsgroei en mogelijk technologische groei zelf die beide eveneens leiden tot een verminderde vraag naar nieuwe kapitaalgoederen.

Het andere kamp vestigt vooral de aandacht op structurele aanbodfactoren die het potentiële groeipad bepalen. Daarin komen behalve technologie en innovatie ook diverse andere *drivers* aan de orde, zoals demografische ontwikkeling en vergrijzing, de impact van globalisering, de invloed van onderwijs en training, maar ook de gevolgen van inkomensongelijkheid op economische groei.

Het voert te ver om in dit hoofdstuk een gedetailleerd overzicht te geven van alle verschillende exponenten en hun argumentatie. In plaats daarvan staat in dit hoofdstuk een meer eclectische benadering centraal, waarbij enkele spraakmakende exponenten nader worden belicht, onder wie Robert Gordon (2012; 2014), Ben Miller & Robert Atkinson (2013), Erik Brynjolfsson & Andrew McAfee (2011; 2014) en Jeremy Rifkin (1995; 2014). Technologie staat in al deze bijdragen veel meer op de voorgrond dan in de these van seculaire stagnatie, ook al is ook daar de impact van technologie zichtbaar, vooral in de (afnemende) vraag naar kapitaalgoederen.

De verschillen tussen enerzijds Gordon, Miller & Atkinson en anderzijds Brynjolfsson & McAfee en Rifkin zijn groot. De laatste groep, door sommigen betiteld als technologie-optimisten, voorziet grote veranderingen in hoe onze economie is georganiseerd en tot waarde komt. De eerste groep benadrukt juist het belang van andere factoren die het netto-effect van technologische groei grotendeels tenietdoen, zonder daarbij overigens het belang van technologie en innovatie te ontkennen. De bandbreedte tussen beide benade-

ringen in termen van implicaties van technologische verandering voor groei is opmerkelijk groot. Waar Rifkin het heeft over een toekomst van *extreme productivity*, gaat Gordon uit van een productiviteitsgroei van 1,8 procent op jaarbasis. Maar Gordon identificeert ook een aantal forse tegenkrachten die ervoor zorgen dat de economische groei op lange termijn uitkomt op slechts 0,2% per jaar, wat ons terug zou brengen tot een groeipercentage dat we voor het laatst hebben meegemaakt in de negentiende eeuw. De verwachting van Gordon komt qua groeivoet overeen met die van de seculaire groei van Summers en Krugman, al is het achterliggende mechanisme aanzienlijk anders. De argumenten van Gordon staan intussen dan ook bekend als de aanbodgedreven seculaire stagnatie. Om een beter zicht te krijgen op de verschillende argumenten, geven de volgende subpararafen beknopt de kern van het recente gedachtegoed van Gordon, Brynjolfsson & McAfee, Miller & Atkinson en Rifkin weer, gevolgd door een kort resumé van hun bevindingen.

Gordon: *Innovation versus six headwinds*

Gordon (2012) richt zijn blik in een provocerende studie met de veelzeggende titel *Is US Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds* op de toekomstige potentiële outputgroei voor de komende twintig tot vijftig jaar, gerekend van 2007 en opgeschoond voor crisiseffecten van voor 2012.[37] Hij kijkt daarbij ver terug, vanaf het begin van de industriële revolutie tot het heden en poneert een aantal interessante gezichtspunten. Volgens Gordon heeft de computer- en internetrevolutie die rond 1960 begon in de late jaren negentig zijn climax bereikt (het dot.com-tijdperk) en is haar impact op productiviteit vanaf 2004 in belangrijke mate weggeëbd. De innovaties van na 2000 hebben zich volgens Gordon geconcentreerd op entertainment- en communicatie*devices* die weliswaar kleiner en 'smarter' zijn, maar die onze arbeidsproductiviteit of levensstandaard niet fundamenteel veranderen in tegenstelling tot elektrisch licht of de auto. De centrale these van Gordon is dat innovatie in de toekomst niet hetzelfde groeipotentieel biedt als in het verleden. Zelfs als we uitgaan van een verondersteld reële groei van het BBP per capita van 1,8 procent per jaar, dat wil zeggen, een optimistisch groeiscenario met eenzelfde groeivoet als in de twee decennia voor 2007, dan nog zal de uiteindelijke groei veel lager uitkomen.

Gordon ziet zes belangrijke structurele tegenwinden *(headwinds)*: 1) de groei die lager ligt dan in welke periode ook sinds het einde van de negentiende eeuw; de consumptieve groei per hoofd zal voor de onderste 99 procent van de inkomensverdeling zelfs nog daaronder liggen door demografische ontwikkelingen (vergrijzing en stagnerende bevolkingsgroei en het einde van het zogenaamde 'demografisch dividend' van de babyboomgeneratie); 2) de

---

37 Gordon (2014) zet dezelfde argumenten uiteen, nu in het perspectief van aanbodgedreven seculaire stagnatie. Twee tegenwinden komen in deze latere versie niet terug: globalisering, en energie en milieu.

toenemende inkomensongelijkheid, met vooral consequenties voor de middenklasse; 3) de effecten van globalisering en internet, waardoor outsourcing en offshoring wereldwijd enorm is toegenomen; 4) het algehele onderwijsniveau van de bevolking dat niet langer stijgt, maar zelfs relatief daalt vergeleken met andere landen (een effect dat zich vooral voor de Verenigde Staten voordoet, gekoppeld aan oplopende kosten van onderwijs en matige schoolprestaties); 5) energie en milieu, en de maatregelen die nodig zijn om de effecten van *global warming* op te vangen; 6) de gevolgen van de schuldenlast van overheden en consumenten. Elk van deze tegenwinden halen een aantal tienden procent(punt) van de groei, waardoor van de startgroei van 1,8 procent niet meer overblijft dan een groei van 0,2 procent op jaarbasis. Gordon ziet vooral het gecombineerde effect van globalisering en moderne technologie als meest alarmerend *(daunting)* voor de Amerikaanse economie. De parallellen en overeenkomsten van Gordons betoog voor de EU zijn duidelijk en wijzen in dezelfde richting, waarbij bovendien moet worden aangetekend dat de langetermijngroeivoet waarmee Gordon zijn betoog start, voor Europa lager ligt dan 1,8 procent.

Brynjolfsson & McAfee: *race with or against the machine?*

Vrijwel lijnrecht tegenover Gordon staan Brynjolfsson & McAfee (2011; 2014) van de MIT Sloan School of Management die onder meer in twee invloedrijke boeken een wereld beschrijven waarin mensen in toenemende mate worden vervangen door machines *(race against the machine)* waarin de snelheid van automatisering en digitalisering dusdanig groot is dat noch organisaties noch de ontwikkeling van onze skills die eigenlijk kunnen bijhouden. Arbeid wordt massaal vervangen en er is sprake van een *'great decoupling'* waarin de arbeidsproductiviteit verder stijgt, maar de werkgelegenheid en de (mediane) inkomens van huishoudens een dalende trend vertonen. In deze nieuwe wereld kunnen volgens Brynjolfsson & McAfee drie soorten winnaars worden onderscheiden: 1) de *high-skilled* (tegenover de *low-* en *medium-skilled* die het moeten afleggen); 2) kapitaal (versus arbeid), en 3) de *superstars* (tegenover de rest).

Deze great decoupling is volgens de auteurs echter geen *doomsday scenario*. In de great decoupling zijn de groeipijnen van het nieuwe machinetijdperk *(new machine age)* zichtbaar, waarin het veel meer gaat om de productie van ideeën dan om fysieke productie. Dit nieuwe machinetijdperk is bovendien uniek omdat het meetbaar is (big data), openstaat voor nieuwe, ongedachte combinaties, en exponentieel verloopt (ofwel ongelofelijk snelle groei).[38] In de woorden van Brynjolfsson & McAfee bereiken we *"the second half of the chess board"* waar exponentiële vooruitgang in computerkracht zich vertaalt in drastische veranderingen. Daarom moeten we niet proberen om de technologische ontwikkeling te vertragen, maar de race samen met de machine aan te gaan: *" (…) we need to race with the machine."*

---

38 Zie ook http://blog.ted.com/race-with-the-machines-erik-brynjolfsson-at-ted2013/

Overigens zijn los van de snelheid en de kracht van de ontwikkeling waar Brynjolfsson & McAfee het over hebben nog enkele andere factoren in het geding. Zo maken automatisering en digitalisering dat het begrip schaarste een andere betekenis krijgt dan vroeger. Digitale goederen zijn immers niet-rivaliserend in gebruik ('iedereen profiteert'), terwijl de waarde ervan ook nog eens kan stijgen doordat anderen er ook gebruik van maken/kennis van nemen (de zogenoemde 'netwerkexternaliteiten'). Daarmee zijn we in een fundamenteel andere marktconstellatie dan de markt van volledige mededinging *(perfect competition)* en constante schaalopbrengsten van Adam Smith. De oude en vertrouwde stijlfiguur van de onzichtbare hand die zorgt voor arbitrage en marktevenwicht boet aan kracht in. ICT kan marktstructuren danig veranderen. De combinatie van het niet-rivaliserende karakter van digitale goederen en netwerkexternaliteiten ligt aan de basis van *winner-takes-all*-markten. In dergelijke markten doen bedrijven investeringen met een kans op het winnen van de markt en het genereren van hoge opbrengsten. Waar arbeid beloond wordt op basis van marginale opbrengsten, ontvangt de factor kapitaal een *premium* in de vorm van *quasi-rents*[39] (Bartelsman 2010; 2013). Dit effect doet zich vooral voor in sectoren die sterk in ICT investeren. Die sectoren kenmerken zich bovendien nog door iets anders: de productie kan tegen relatief lage kosten, soms zelfs tegen verwaarloosbare marginale kosten, fors worden opgeschaald. Ook andere opkomende technologieën, zoals nanotechnologie en biotechnologie, worden steeds belangrijker en vormen de basis voor grote potentiële productiviteitsgroei in diensten, zoals in de gezondheidszorg (Bartelsman 2013; Byrne et al. 2013; Brynjolfsson & McAfee 2014). In de EU worden deze generieke technologieën (in EU-beleidstaal ook wel *key enabling technologies* (KET's) genoemd[40]) verder ondersteund met beleidsmaatregelen. Ook nieuwe materialen (bijvoorbeeld ceramica, kunstharsen, grafeen, et cetera) hebben grote economische potentie, terwijl we op ICT-gebied nog veel kunnen verwachten, denk bijvoorbeeld aan big data en de mogelijkheden van *data analytics* (Mokyr 2014). Hetzelfde geldt voor de mogelijkheden die het Internet der Dingen en, nog specifieker, smart industry of industrie 4.0, bieden (zie ook hoofdstuk 2).

Rifkin: *zero marginal cost society*

Waar Brynjolfsson & McAfee zich vooral concentreren op de *economics* van automatisering en robotisering van de nieuwe generatie technologieën en, naast alle kansen, ook een zorgelijk beeld schetsen van toenemende werkloosheid en ongelijkheid, benadrukt Rifkin (2014) vooral de positieve kanten van

39 Quasi-rents zijn extra opbrengsten (beloningen) voor de productiefactor die wordt aangeboden (denk bijvoorbeeld aan het toewijzen van patenten)

40 In Europa wordt in dit verband over sleuteltechnologieën (*key enabling technologies*) gesproken. Hierbij gaat het om: micro- en nano-elektronica, geavanceerde materialen, industriële biotechnologie, fotonica, nanotechnologie en geavanceerde fabricagesystemen, zie bijvoorbeeld http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-685_nl.htm.

deze nieuwe technologieën. We staan volgens Rifkin aan het begin van een ongekende technologierevolutie waarin de productiviteit sterk kan stijgen. We gaan een periode van *extreme productivity* tegemoet, die mogelijk wordt doordat de marginale kosten van informatie, energie en veel fysieke goederen en diensten vrijwel tot nul dalen, daarmee vrijelijk en in overvloed beschikbaar komen en daardoor ook niet langer onderdeel van marktruil uitmaken. De motor achter deze *zero marginal cost society* wordt gevormd door enkele technologische ontwikkelingen die parallel plaatsvinden, elkaar versterken en bovendien convergeren. Zo wordt het huidige internet met een in snel tempo digitaliserend energienetwerk en een gedigitaliseerd logistiek- en transportnetwerk (zelfrijdende auto's), tot een super Internet der Dingen-platform. Niet alleen het Internet der Dingen en daarop aangehaakte steeds slimmere, met sensoren uitgeruste apparaten, maar ook hernieuwbare energie en energieopslag, waterstof, robotica en 3D-printen spelen een rol in Rifkins toekomstvisie.

Rifkin bevindt zich met zijn visie dicht bij het kamp van de futuristen of 'technologie-utopisten', met Ray Kurzweil en Peter Diamandis (oprichter van de Singularity University) als belangrijkste exponenten. Kurzweil (2005) voorziet, als de ultieme consequentie van de Wet van Moore, een exponentiële productiviteitsgroei. Diamandis & Kotler (2012; 2015) betogen dat we een tijdperk ingaan waarin de snelheid van innovaties, in computing, gezondheidszorg, 3D-printen, robotica en kunstmatige intelligentie, exponentieel zal toenemen waarmee binnen een generatie een toekomst van mondiale overvloed binnen bereik komt. Rifkin, Kurzweil en Diamandis vertegenwoordigen een interessante, maar toch duidelijke minderheid waar het gaat om verwachtingen over productiviteitsgroei.

Miller & Atkinson: *are robots taking our jobs, or making them?*
Waar Brynjolfsson & McAfee maar ook Rifkin de nadruk leggen op de snelle vervanging van arbeid door machines en vergaande automatisering, gaan Miller & Atkinson (2013) van het Information Technology and Innovation Institute (ITIF) in Washington D.C. juist de confrontatie aan met de stelling *'robots are taking our jobs'*. Niet alleen Brynjolfsson & McAfee, maar ook Paul Krugman, Richard Posner, Joe Stiglitz en Tyler Cowen en vele andere *neo-Luddites*[41] gaan volgens Miller & Atkinson (2013) uit van een sterk misleidend en onvoldoende met feiten onderbouwd verband tussen hoge werkloosheid en technologische ontwikkeling. Wat bovendien vergeten wordt zijn zogenaamde tweede orde-effecten; ofwel, de besparingen die door de productivi-

41 Naar de Engelsman Ned Ludd die tijdens de industriële revolutie zijn volgers aanmoedigde de nieuwe textielmachines van die tijd te vernietigen en zo de vooruitgang te stoppen. De Luddieten worden vaak aangehaald als een van de eersten die zich verzetten tegen de komst van nieuwe technologie, de automatische weefgetouwen in de negentiende eeuw, waardoor ze massaal werkloos dreigden te worden. Een 'luddiet' of 'neoluddiet' verwijst nu naar iemand die bang is voor nieuwe technologie of zich hiertegen verzet.

teitsstijging worden bewerkstelligd, worden teruggeploegd in de economie, en zorgen voor een toename van de vraag, die op zijn beurt weer banen creëert. Die besparingen vloeien op drie manieren terug: via lagere prijzen, hogere lonen voor de overblijvende werknemers en hogere winsten. Bovendien is onze economie zo complex met een dusdanig grote range aan sectoren en banen, dat hoewel sommige door automatisering ophouden te bestaan, de meeste andere blijven bestaan. Technologische verandering, hoe geavanceerd ook, vindt niet van de ene op de andere dag plaats.

Maar de belangrijkste reden die Miller & Atkinson zien voor het feit dat robots ons niet massaal werkloos maken, is dat menselijke behoeften zelf vrijwel oneindig zijn *(close to infinite)*. Zolang dat het geval is, zal er ook behoefte aan arbeid blijven bestaan. Volgens Miller & Atkinson gaat productiviteitsgroei niet zozeer samen met het verlies van banen, maar veeleer met een groei van werkgelegenheid, zo laten cijfers van de Amerikaanse economie over de periode 1929-2009 overtuigend zien. Bovendien geldt dat het empirisch verband tussen werkloosheidsgraad en productiviteitsgroei anders ligt dan wel wordt aangenomen en dat perioden van *all-time* hoge productiviteit juist blijken samen te gaan met all-time lage werkloosheid.

Het meest krachtige deel van de argumentatie van Miller & Atkinson heeft betrekking op de tweede orde-effecten, gekoppeld aan de schier oneindigheid van de menselijke behoeften. Het argument van empirische gegevens en de parallel van eerdere ontwikkelingen is wellicht minder krachtig. Immers, Brynjolfsson & McAfee beweren nu juist dat er ten opzichte van het verleden sprake is van een trendbreuk. Ook het argument dat technologie niet *'overnight'* komt en de meeste banen niet door automatisering verdwijnen, staat fors ter discussie. Zo komen Frey & Osborne (2013) in hun analyse van de impact van computerisering op een breed scala aan bestaande banen tot de schatting dat 47 procent van de werkgelegenheid een hoog risico loopt om geautomatiseerd te worden, dan wel niet van de ene op de andere dag, maar wel in de komende twee decennia (zie ook de Inleiding, Hoofdstuk 5 en de conclusies die worden beschreven in Hoofdstuk 7).

Productiviteitsgroei en de rol van technologie in de komende decennia: resumerend

Als we de verschillende verwachtingen over productiviteits- en economische groei in de komende jaren naast elkaar zetten, dan valt niet alleen op dat er grote verschillen in groeiverwachtingen bestaan tussen belangrijke contribuanten aan dit groeidebat, maar ook dat de argumenten behoorlijk verschillen.

Sommigen, zoals Summers en Krugman, zien de oorzaak van een zeer lage, vrijwel nulgroei (seculaire stagnatie) in het achterblijven van de vraag, in concreto, in een tekort aan investeringen ten opzichte van de besparingen. Hierdoor komt ook de technologische vernieuwing zelf onder druk te staan.

Anderen, onder wie Gordon, voorzien dat de productiviteitsgroei onder invloed van technologie en innovatie de komende jaren door blijft gaan. Tegelijk zien zij ook een fors aantal tegenkrachten opdoemen die maken dat de economische groei per hoofd aanzienlijk afneemt in de komende decennia.

Een belangrijk punt in het debat over productiviteitsgroei betreft daarnaast de verwachtingen over de mate waarin arbeid vervangen wordt als gevolg van toenemende automatisering en robotisering. Waar sommigen een drastische uitstoot van arbeid zien die vooral ten koste gaat van het lagere en het middensegment van de arbeidsmarkt (Brynjolfsson & McAfee; Frey & Osborne), loopt het volgens anderen (Miller & Atkinson) nog niet zo hard, en zijn er redenen om aan te nemen dat automatisering en robotisering onder invloed van tweede orde-effecten ook weer leiden tot nieuwe banen.

Een laatste groep benadrukt vooral de mogelijkheden en kansen van nieuwe technologie, die kan leiden tot extreme productiviteitsstijging en een periode van nieuwe overvloed (Rifkin; Kurzweil; Diamandis & Kotler). Deze groep van technologie-optimisten en futuristen en hun voorspellingen staat nogal los van het groeidebat onder economen. Desalniettemin moeten ook deze bijdragen serieus worden genomen. Vooral Rifkins denkbeelden zijn populair, ook onder politici, van Brussel, Berlijn tot in Beijing.

Onder de meeste economen lijkt een zekere consensus te bestaan over de verwachtingen die we mogen koesteren ten aanzien van mogelijk toekomstige productiviteitsgroei; de groep met als belangrijkste exponenten Brynjolfsson &McAfee vormt hierop een uitzondering. De meeste economen gaan doorgaans uit van berekeningen van de groei in eerdere perioden, en vooral de meest recente periode van de opkomst van ICT en het internet, als voorbeeld van een periode van snelle productiviteitsgroei. Daarbij gaan zij veelal uit van een productiviteitsgroei van maximaal 2 procent op jaarbasis (Gordon 2012; Fernald 2012). Ook in langetermijngroeiprojecties van de OESO (2014a), waarbij productiviteitsgroei bepaald wordt op basis van groeirekeningen *(growth accounting)*, zien we eenzelfde orde van grootte. Zo wordt voor Nederland voor de periode 2014-2030 een trendproductiviteitsgroei berekend van 1,9 procent tegenover 1,5 procent voor de Eurozone en 1,7 procent voor de OESO als geheel. De trendproductiviteit geeft feitelijk het structurele plafond aan op de lange termijn waarbinnen de productiviteit zich kan ontwikkelen. Evenzeer van belang is de ontwikkeling van de potentiële werkgelegenheidsratio die voor dezelfde periode op -0,1 procent komt, met name als gevolg van de doorzettende vergrijzing. De trendproductiviteit en de potentiele werkgelegenheidsratio samen tellen op tot een potentiële BBP-groei per hoofd die daarmee voor Nederland op 1,8 procent per jaar ligt. Dit maakt eens temeer duidelijk dat Nederland het de komende jaren vooral van productiviteitsgroei moet hebben.

Wat betreft automatisering en robotisering en hun impact op banen en economische groei is er van oudsher consensus onder economen over de relatie tussen technologische groei en het aantal banen op korte termijn. Die is negatief, ofwel, technologische ontwikkeling gaat op korte termijn ten koste van banen. Maar op middellange termijn (een tot twee jaar) was de consensus tot 2010 dat nieuwe technologie weer betrekkelijk snel voor nieuwe banen zorgt (de eerdergenoemde tweede orde-effecten van Miller & Atkinson) waarmee het netto-effect positief was. De laatste jaren begint deze consensus af te brokkelen, niet alleen bij de criticasters Brynjolfsson & McAfee, maar ook bij het economische establishment, vertegenwoordigd door economen als Krugman, Posner en Stiglitz. Daarmee is er weliswaar sprake van een positieve impact op de arbeidsproductiviteit, maar vormt de creatie van nieuwe banen (de 'banenmotor') een zwak punt.

4.4 Beleidsopties

Productiviteitsgroei leent zich niet voor beleidsingrijpen in directe zin. Dat betekent echter niet dat we beleidsmatig met lege handen staan. Zo kunnen we bijvoorbeeld de adoptie van technologie en innovatie, als belangrijke motor van productiviteit, promoten en faciliteren. En meer algemeen, een cultuur van innovatie en vernieuwing actief stimuleren. Van belang is echter dat de beleidsmaatregelen volgen op een juiste diagnose van het probleem. Deze diagnose heeft een feitenkant (hoe ontwikkelt de arbeidsproductiviteit in Nederland zich?), maar ook een expertisekant (hoe en met welke bril wordt de probleemdiagnose gesteld?). Een goede diagnose van de uitdagingen staat voorop. En juist die diagnose is lastig, zo is duidelijk geworden uit het voorafgaande.

De noodzaak van arbeidsproductiviteitsgroei is evident. Daar waar de Nederlandse economie de afgelopen decennia vooral kon groeien door een grotere arbeidsparticipatie, zijn we in de komende jaren met een krimpende beroepsbevolking en toenemende vergrijzing aangewezen op groei van onze arbeidsproductiviteit. Als we kijken naar de ontwikkelingen sinds de crisis van 2008, dan blijft Nederland op het vlak van arbeidsproductiviteitsgroei (MFP) echter fors achter bij andere landen. De vraag is dan ook hoe we deze achterblijvende trend weer naar boven kunnen bijbuigen.

Daarbij is het niet zozeer de vraag of er nieuwe technologie beschikbaar is; het antwoord op deze vraag luidt volmondig 'ja', gezien de technologieontwikkelingen van de afgelopen jaren. De vraag is veeleer wat de richting en keuze is van 'onze' investeringen daarin. Behalve investeringen in nieuwe *tangibles* (verbeterde kapitaalgoederen, ofwel kapitaalverdieping), worden ook investeringen in intangibles (waaronder R&D, IP en design *(innovative property)* en allerhande digitale informatie zoals software, databanken, et cetera) steeds

belangrijker voor de groei van onze arbeidsproductiviteit en ook voor onze economie. Dit geldt voor de industrie, de zakelijke dienstverlening (handel, financiële dienstverlening), maar ook voor andere takken van economische bedrijvigheid, evenals voor het publieke en semi-publieke domein (overheden, non-profitinstellingen).

Omarming van ICT en de digitale economie lijkt een belangrijke sleutel te zijn voor de productiviteitsgroei, een domein waar Nederland zich tot op heden goed op manifesteerde.[42] Toch is ook hier reden voor waakzaamheid. Zo kwalificeerde een recent artikel in *Harvard Business Review* Nederland op basis van *digital economy*-karakteristieken en ontwikkelingen in de periode 2008-2013 als een *'stall out'*-land; een land dat snelheid en momentum verliest, met een dreigend risico achterop te raken (Chakravorti et al. 2015). Opmerkelijk is ook de reden die Chakravorti et al. daarvoor aandragen: *"The Netherlands, meanwhile, has been rapidly losing steam. The Dutch government's austerity measures beginning in late 2010 reduced investment into elements of the digital ecosystem. Its stagnant, and at times slipping, consumer demand led investors to seek greener pastures."*

Een kernvraag bij de adoptie van nieuwe technologie en innovatie is: hoe koppel je snelheid en voortvarendheid aan een succesvolle landing en inbedding van de verandering? De snelheid van technologische verandering, en de voortvarendheid waarmee deze door concurrerende landen binnen maar vooral ook buiten Europa wordt omarmd, dwingt ons de adoptievraag opnieuw tegen het licht te houden. Investeert Nederland wel voldoende in nieuwe technologie en innovatie? Waar zouden meer investeringen wenselijk zijn? En welke belemmeringen houden die noodzakelijke verandering en vernieuwing tegen? Zijn onze instituties, onze wetten en regels, maar ook de toepassing daarvan, wel voldoende technologie-*proof*? En hoe kunnen publieke investeringen in technologie en innovatie duurzaam bijdragen aan een welvarend Nederland, ook in de toekomst?

---

42 Interview Bart van Ark.

Intermezzo

Interview met
Bas ter Weel,
Universiteit van Maastricht
en Centraal Planbureau

Intermezzo

"Investeren in onderwijs is het belangrijkst"

De veranderende arbeidsmarkt noopt tot investeringen en een frisse blik op ons onderwijs, stelt Bas ter Weel, onderdirecteur CPB en hoogleraar economie aan de Universiteit van Maastricht.

Terwijl hogeropgeleiden lijken te profiteren van de opkomst van technologie in het arbeidsproces, ligt dat voor andere groepen ingewikkelder. Machines hebben een deel van het werk van lageropgeleiden overgenomen, en nu treft automatisering ook het middensegment. Dat betekent niet dat deze groep mensen massaal werkloos is geworden. "Dingen in elkaar schroeven hoeft niet meer, maar de vraag naar werk in andere sectoren, zoals de persoonlijke dienst-verlening, neemt toe." Die transitie kan echter pijnlijk zijn en herscholing vergt tijd.

Als land is Nederland hoogopgeleid. De groep hbo neemt toe en heeft op dit moment veel minder last van automatisering, dat zijn vooral mbo 2 en 3. De groep mbo 1 en havo heeft het altijd moeilijk (zeker tijdens een recessie). De groep mbo 2 en 3 die werk heeft, is kwetsbaar. "De groep mbo2 en 3 die nu werk heeft, zit daar nu eigenlijk 'vast'." Zo heeft iemand van 45 die altijd bij dezelfde werkgever heeft gewerkt, weinig kans op nieuw werk en bovendien weinig prikkels om zich om te scholen. Ondertussen gaan de technologische ontwikkelingen door en neemt de vraag naar het soort werk dat hij doet af. "Als er iets gebeurt, komt deze groep moeilijk aan nieuw werk."

Angst voor massawerkloosheid is volgens Ter Weel niet nodig, maar op een juiste manier investeren in het onderwijs wel. "Probeer zo veel mogelijk mensen de juiste vaardigheden te leren om in een nieuwe baan terecht te kunnen komen." Ondanks alle vernieuwingen staan vaardigheden als rekenen, taal en feitenkennis centraal in het Nederlandse onderwijssysteem. "Het (onderwijssysteem) is ingericht op een wijze alsof we – bij wijze van spreken – net de industriële revolutie hebben gehad… De vraag die voorligt is of dit het enige is dat je kinderen wilt leren."

Zo wordt het creatief combineren van informatie steeds belangrijker en is het onderwijs daar volgens Ter Weel nu onvoldoende op ingericht. Het huidige tijdperk vraagt ook om vaardigheden waar mensen in uitblinken ten opzichte van computers. "Leer bijvoorbeeld iedereen programmeren, niet als doel op zich, maar als middel om vaardiger te worden in het combineren van informatie." Een focus op meer generieke vaardigheden is ook wenselijk. "Leid op tot onderhoudsmonteur en laat de specialisatie, bijvoorbeeld tot trein- of 3D-printeronderhoudsmonteur over aan de werkgever."

Onderzoek van het CPB laat zien dat persoonlijkheid en motivatie belangrijke voorspellers zijn van de kans op een baan of het loon dat iemand verdient. Daarom ligt het voor de hand om op school ook meer aandacht te besteden aan persoonlijkheid en motivatie. Ook bepaalde mbo- en hbo-opleidingen zouden onder de loep genomen moeten worden om te achterhalen of zij voldoende aansluiten bij het bedrijfsleven en de juiste prikkels bieden. "Nu worden onderwijsinstellingen betaald per instromer, met een diplomabonus, en wordt er nauwelijks gekeken of die persoon ook werk krijgt met zijn diploma."

Behalve in het onderwijs, zijn volgens Ter Weel ook veranderingen op de arbeidsmarkt nodig. Het aantal flexwerkers groeit. "Enerzijds hebben werkgevers behoefte aan commitment (ze willen zich niet hoeven afvragen wie er morgen weer binnen komt waaien), en anderzijds behoefte aan flexibiliteit. De vaste baan is in Nederland lange tijd heilig geweest – onze instituties zijn daar goed op ingericht." Maar de focus op vast werk heeft geleid tot een "overbescherming van de vaste baan en onderbescherming van andere werkvormen".

Mensen zonder vaste baan vallen in Nederland nog steeds in een ander regime, met alle onzekerheid vandien. De vragen zijn talrijk. Zo staat in Denemarken recht op werk in plaats van recht op een baan centraal en is de prikkel om snel werk te vinden veel sterker. Is dat een slimme aanpak? Mogelijk hebben we dan allemaal een prikkel om te werken, maar laagopgeleiden voor slechts een zeer laag loon. Willen we dat? En als we dat niet willen en bijvoorbeeld een minimumloon van € 20 per uur afspreken, ontstaat er werkloosheid. Verschillen in beloning prikkelen mensen ook om te investeren in onderwijs. De vraag is dus hoe we als maatschappij omgaan met de kosten die zijn verbonden aan herverdelen?

Eén ding is zeker: willen onderzoekers de juiste causale verbanden kunnen leggen, dan moeten gegevens zo worden aangeleverd dat de koppeling ICT-arbeidsmarkt-instituties (beleid) kan worden gemaakt, stelt Ter Weel. "We moeten veel beter meten om te weten wat er precies aan de hand is."

5 De IT-revolutie en de arbeidsmarkt

Linda Kool

> *"No one goes to Paris to eat at McDonald's (…). But I was just one person in a long queue. To avoid waiting, people could opt to order their food using a touchscreen, pay for it with a credit card, and collect it from the counter – but they did not. Like me they preferred to wait and speak to the polite assistant (probably an undergraduate) at the cash till. Fastfood restaurants no longer need people at the counter, just as supermarkets don't need people to operate their checkouts. Technology can do these tasks. But these jobs still exist, largely because people need other people."* – Bainbridge (2015)

5.1 Inleiding

Sinds de eerste industriële revolutie is het beeld geweest dat technologie banen vernietigt in oude sectoren, maar er al snel nieuwe banen in nieuwe sectoren voor terugbrengt. Zo bestaan de lantaarnopsteker en schillenboer allang niet meer, maar kwamen daar wel de ingenieur en fabrieksarbeider voor in de plaats. Als gevolg van de IT-revolutie zien we nu een heel aantal nieuwe beroepen ontstaan, zoals de softwareprogrammeur, de webdesigner en de online marketeer.[43] Een studie van de OESO (1994, p. 2) concludeert dan ook: *"Historically, the income-generating effects of new technologies have proved more powerful than the labor-displacing effects: technological progress has been accompanied not only by higher output and productivity, but also by higher overall employment."* De verwachting van Europa in onze tijd dat de 'app-economie' in 2018 bijna vijf miljoen banen zal creëren ligt geheel in deze lijn.[44] Beleidsaanbevelingen leggen niet voor niets vaak meer nadruk op het beschermen van werknemers dan op het beschermen van banen.[45]

Maar de eerder consensus is vanaf 2010 aan het afbrokkelen onder economen. Dat werd ook duidelijk uit het vorige hoofdstuk waarin verschillende visies zijn

43 Naast de vraag of technologie banen vernietigt of creëert, verandert ook de inhoud van banen die blijven bestaan. Zo is het takenpakket van een secretaresse anno 2015 niet te vergelijken met het takenpakket van een secretaresse circa twintig, of veertig jaar terug. Dit geldt bijvoorbeeld ook voor het beroep van automonteur, waar ICT een deel van het vakmanschap overneemt.

44 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-145_en.htm

45 Zie bijvoorbeeld Europese Commissie (2007) COM (2007) 359 final *Towards Common Principles of Flexicurity: more and better jobs through flexibility and security.*

besproken. Brynjolfsson & McAfee (2014) wijzen bijvoorbeeld op de 'baanloze' groei die op dit moment waarneembaar is[46] – wel economische groei, maar geen banengroei – en zij zien de recente golf van technologische innovaties als de voornaamste oorzaak daarvan.

Dit hoofdstuk kijkt naar de invloed van de IT-revolutie op de arbeidsmarkt: hoe beïnvloedt IT de samenstelling van de arbeidsmarkt? Paragraaf 5.2 gaat in op het recente verleden (circa de afgelopen vijftien tot twintig jaar). Daarbij staat het fenomeen baanpolarisatie centraal: automatisering neemt vooral middelbaar geschoold werk over, terwijl de vraag naar laaggeschoold, maar met name hooggeschoold werk toeneemt. Paragraaf 5.3 werpt een blik op de toekomst: wat is er bekend over de mogelijke toekomstige impact van de IT-revolutie op de arbeidsmarkt? Paragraaf 5.4 bespreekt welke beleidsopties in de literatuur worden genoemd als het gaat om de relatie tussen baanpolarisatie en de mogelijk toekomstige impact van IT op de arbeidsmarkt. Daarbij ligt de focus in dit hoofdstuk vooral op beleidsopties ten aanzien van het onderwijs. Andere beleidsopties die gericht zijn op groeiende ongelijkheid, deels als gevolg van baanpolarisatie, komen aan de orde in het volgende hoofdstuk over welvaart. Beleidsopties gericht op de meer algemene vraag hoe de overheid een rol kan spelen in het scheppen van meer werkgelegenheid door de inzet van ICT zijn in Hoofdstuk 4 de revue gepasseerd.

5.2 Recent verleden

Baanpolarisatie

De invloed van technologische verandering op (de samenstelling van) de arbeidsmarkt is geen eenvoudig te beantwoorden vraagstuk. Arbeidsmarkten veranderen voortdurend, onder invloed van verschillende factoren, zoals de economische situatie (bijvoorbeeld groei of recessie), vraag naar bepaalde producten, de organisatie van het productieproces, het aanbod en de groei van de beroepsbevolking (vergrijzing, vergroening, immigratie), de aanwezige en gevraagde vaardigheden van die beroepsbevolking (toename hogeropgeleiden), maar ook technologie en innovatie (denk aan outsourcing, offshoring of automatisering) en regelgeving. Deze factoren kunnen zorgen voor veranderingen in de vraag en het aanbod van arbeid, en leiden tot een veranderende samenstelling van de arbeidsmarkt (bijvoorbeeld een afname van het aandeel laaggeschoold werk) en tot veranderingen in de loon- en functiestructuur. Dit hoofdstuk richt zich – gezien de onderzoeksvraag – vooral op de vraagkant van de arbeidsmarkt: hoe beïnvloeden automatisering en robotisering de arbeidsmarkt?

46 Baanloze groei is op zich geen nieuw fenomeen en is vaak na recessies zichtbaar (de werkgelegenheid trekt later aan dan de economische groei).

Een recente invloedrijke serie wetenschappelijke artikelen (zie bijvoorbeeld Goos, Manning & Salomons 2014; Michaels, Natraj & Reenen 2014; Autor 2013; Acemoglu & Autor 2010) vindt empirisch bewijs voor de invloed van de IT-revolutie sinds de jaren zeventig op de arbeidsmarkt. Volgens deze artikelen heeft dit geleid tot baanpolarisatie: de vraag naar middelbaar geschoold werk neemt af, terwijl de vraag naar hoog- en laaggeschoold werk stijgt.[47] De redenering is als volgt: computers zijn steeds vaker in staat cognitieve routinetaken, zoals administratie, het maken van berekeningen, het bewaken of beoordelen van producten, over te nemen. Dit cognitieve kenniswerk is vaak middelbaar geschoold werk. Dit hangt samen met het in Hoofdstuk 2 beschreven digitaal Taylorisme: het opnieuw doordenken van arbeidsprocessen en het kunnen opknippen van werk in deeltaken, die geoutsourced, geoffshored of geautomatiseerd kunnen worden. Zowel het werk van hogeropgeleiden (zoals het programmeren van software), als het werk van lageropgeleiden (zoals schoonmaken, horecawerk of kapper), is minder routineus en (vooralsnog) lastiger te automatiseren.[48]

Skill upgrading

De theoretische achtergrond van bovengenoemde artikelen vormt de *Skill-Biased Technological Change*-theorie (SBTC). Deze theorie stelt dat de impact van technologische verandering op de arbeidsmarkt niet neutraal is – met andere woorden, niet voor alle werkenden hetzelfde is – maar dat technologische verandering de vraag naar hoogopgeleide werknemers laat stijgen (Violante 2008).[49] De achterliggende redenering is dat technologie taken vervangt die eerst door laaggeschoolden werden gedaan, terwijl de nieuwe technologie vraagt om hogeropgeleiden die de innovaties ontwerpen, implementeren en gebruiken (HCSS & TNO 2013). De theorie voorspelt dat technologische verandering uiteindelijk leidt tot *skill upgrading*: een toename van vaardigheden onder de gehele beroepsbevolking. Er ontstaat als het ware een wedstrijd tussen technologie en onderwijs, zodat de beroepsbevolking in staat is de vraag naar hogeropgeleide werknemers te beantwoorden (Goldin & Katz 2008; Tinbergen 1975). Verschillende studies tonen deze toename vanaf de industriële revolutie (sinds 1850) aan (Goos 2013; Katz & Margo 2013; Goldin en Katz 2008).[50]

---

47 Het CPB zal in juni 2015 een nieuwe studie publiceren met cijfers tot en met 2009.

48 Maar ook op deze vlakken boekt ICT vooruitgang. Ook hoogopgeleide banen zijn in de toekomst niet ‘immuun’ voor technologische veranderingen. Dit onderwerp komt terug in paragraaf 5.3.

49 Het is niet eenduidig in hoeverre deze ‘*skill bias*’ in de geschiedenis aanwezig is geweest. Zo noemt Acemoglu (2002) de vroege periode in de negentiende eeuw ‘*skill replacing*’. Producten die eerder werden vervaardigd door ambachtslieden, werden daarna in fabrieken gemaakt door werknemers met relatief weinig opleiding, waardoor de vraag naar hogeropgeleide werknemers afnam.

50 Dit komt o.a. door enorme investeringen in het onderwijs tussen 1915 en 1980 (Goldin & Katz 2008).

De SBTC-theorie kan echter het recente fenomeen van baanpolarisatie niet verklaren: waarom stijgt ook de vraag naar laagopgeleid werk? Door de jaren heen zijn er verschillende methodologische kritiekpunten op de SBTC-theorie geuit (bijvoorbeeld Card & diNardo 2002). Een belangrijke verfijning kwam in 2003 van Autor, Levy & Murnane (2003). Tot dan toe werd in de SBTC-theorie een eenvoudige tweedeling van de arbeidsmarkt gehanteerd: ongeschoold/ laaggeschoold werk versus hooggeschoold werk. Autor et al. pasten deze theorie aan en zetten vier soorten taken centraal (zie Kader 3). Hun aanpassing wordt het *Routine Biased Technological Change* (RBTC) of 'routinemodel' genoemd en is daarna door veel andere wetenschappers overgenomen.

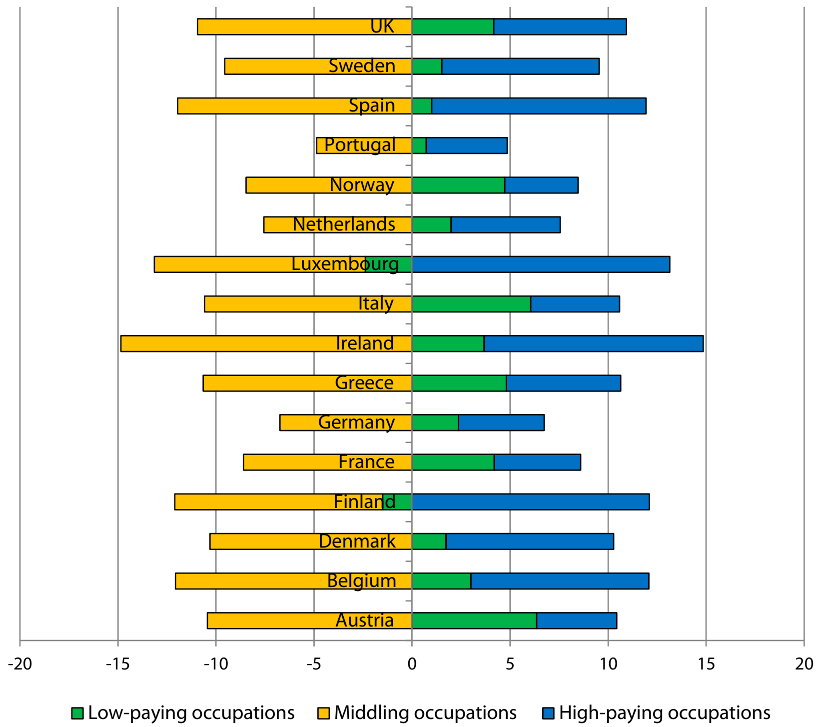
Kader 3 Het routinemodel van Autor, Levy & Murnane (2003)

1. Routinematig werk – manueel (laagopgeleid): veel herhaling van een fysieke aard. Dit is vaak ongeschoold werk en is sinds de industriële revolutie in toenemende mate vervangen door machines.
2. Routinematig werk – cognitief (middelbaar opgeleid): verwerking van informatie met veel herhaling, zoals administratief werk. Tot de IT-revolutie was het moeilijk dit werk uit te voeren met machines / computers, maar sinds de jaren tachtig is de inzet van machines en computers voor dit type werk toegenomen.
3. Niet-routinematig werk – cognitief (hoogopgeleid): werk zonder veel herhaling, in het maken, verwerken en manipuleren van informatie, zoals management, wetenschap of andere 'professionele' banen. Computers complementeren hier vaak het werk van hoogopgeleiden.
4. Niet-routinematig werk – manueel (laagopgeleid): werk zonder veel herhaling, fysiek van aard, zoals onderhoudswerk, metselaars of kappers. Hoewel technologie zich ook op dit vlak ontwikkelt, zijn dit lastige taken voor computers om uit te voeren.

Autor, Levy & Murnane (2003) vonden in de Verenigde Staten dat computers inderdaad cognitief routinewerk van mensen overnamen, maar kwamen nog niet tot de conclusie van baanpolariatie – zij spraken van skill upgrading. Baanpolarisatie wordt pas als zodanig beschreven en benoemd door Goos & Manning in 2007, op basis van gegevens uit het Verenigd Koninkrijk vanaf de jaren zeventig. Op basis van het 'routinemodel' vinden Goos & Manning een toename van banen aan de boven- en de onderkant van de arbeidsmarkt, ten koste van middelbaar geschoold werk. In 2009, en recenter in 2014, laten Goos, Manning & Salomons zien (met gegevens over de periode 1993-2010) dat in heel Europa sprake is van baanpolarisatie (zie figuur 5). Zij noemen dit patroon allesdoordringend *(pervasive)* en wijzen technologische verandering aan als veruit de belangrijkste oorzaak – belangrijker dan bijvoorbeeld off-

shoring. Ook in de Verenigde Staten vinden wetenschappers baanpolarisatie, te verklaren door de overname van computers van cognitief routinewerk (Acemoglu & Autor 2012; Acemoglu & Autor 2011; Autor 2013; Levy & Murnane 2013).

Figuur 5 Veranderingen in werkgelegenheidsaandeel in procentpunten per opleidingsgroep en land, 1993-2010



Bron: Goos (2013).

Het Centraal Planbureau (2012) constateert dat er ook in Nederland sprake is van baanpolarisatie. De samenstelling van de werkloosheid in Nederland is volgens het CPB veranderd als gevolg van de stijgende vraag naar hoogopgeleiden en een daling van de werkgelegenheidsopties voor gemiddeld geschoolde werknemers: "Wat in de huidige recessie opvalt, is dat vooral mensen met een gemiddeld opleidingsniveau hun baan hebben verloren. Dit is een fenomeen dat in eerdere recessies niet of nauwelijks zichtbaar was. In de jaren zeventig en tachtig verdwenen vooral veel banen aan de onderkant van de arbeidsmarkt en bestond het arsenaal werklozen uit mensen met een relatief laag opleidingsniveau" (CPB 2012, p. 5). Er is minder behoefte aan de lagere mbo-niveaus (1, 2 en 3) en meer behoefte aan werknemers op niveau

mbo 4.[51] Rekening houdend met verschillende oorzaken, zoals technologie, globalisering, verandering in het aanbod van laag-, middel- en hoogopgeleiden op de arbeidsmarkt, en institutionele factoren (zoals de rol van de vakbonden of minimumlonen), constateert het CPB dat technologische verandering de belangrijkste drijfveer achter baanpolarisatie in Nederland is.

Veel studies zien de opkomst van de IT-revolutie en het routinemodel als de belangrijkste oorzaak van baanpolarisarie. Maar ook globalisering (en dan met name offshoring) speelt een rol. Elsby, Hobijn & Sahin (2013) wijzen voor de Verenigde Staten offshoring van het arbeidsintensieve deel van de waardeketen aan als belangrijkste oorzaak. Offshoring is een belangrijke stap richting vervanging van arbeid door computers (Levy & Murnane 2013; CPB 2012): als je werk kunt codificeren (in regels kunt vangen, zoals het script van een telemarketeer in een callcenter), kun je het goed verplaatsen. Juist dit codificeren is een belangrijke stap om het werk vervolgens door een computer te laten doen.[52] De persoonlijke kant van dienstverlening maakt werk verplaatsen, of automatisering, juist weer lastiger (Blinder & Kruger 2006). Dit loopt dwars door sectoren en professies heen: het werk van radiologen in de zorgsector is, omdat er minder direct patiëntencontact plaatsvindt, makkelijker te verplaatsen dan het werk van, bijvoorbeeld, kinderartsen.

Vragen over baanpolarisatie

Baanpolarisatie is een redelijk robuuste wetenschappelijke bevinding, maar het blijft lastig om het exact te meten. Er bestaan bijvoorbeeld verschillende meetmethoden, bijvoorbeeld via de lonen, of via de ontwikkeling van de werkgelegenheid. In Nederland is baanpolarisatie vooral zichtbaar in de ontwikkeling van de werkgelegenheid, en minder in de lonen (o.a. door instituties als herverdeling van inkomen).[53] Mishel et al. (2013) zien in de Verenigde Staten dat de vraag naar werk in het middensegment sinds de jaren vijftig afneemt, maar denken dat de SBTC-theorie en het routinemodel de veranderingen in de lonen onvoldoende kunnen verklaren. Zij spreken liever over *occupational upgrading*, omdat zij vooral een krimp van het middensegment zien en een stijging van het hoge segment; het aandeel laagopgeleid werk stijgt maar minimaal, en blijft een relatief klein deel van de totale arbeidsmarkt vormen.

Daarnaast zijn er verschillen tussen landen. In studies van Goos et al. (2014), Michaels et al. (2014) en CPB (nog te verschijnen), laat Nederland ten opzichte van andere landen een relatief bescheiden patroon van polarisatie zien. In een

51 Interview Bas ter Weel. De groep mbo 2 en 3 neemt af, maar is nog wel groot. De groep mbo 4 neemt toe. De groep mbo 1 en havo heeft het altijd moeilijk, en in en na de recessie hebben zij het nog moeilijker.

52 Uit Hoofdstuk 2 blijkt dat de stap van reorganisatie van de omgeving voorafgaande aan codificering en digitalisering ook belangrijk is.

53 Interview Bas ter Weel.

studie van Fernandez-Macias (2012) is Nederland een van de landen met een sterke mate van polarisatie. Fernandez-Macias vindt drie patronen in Europa voor de periode 1995 en 2007 baanpolarisatie, skill upgrading, en in enkele landen het tegenovergestelde van baanpolarisatie: een toename van middelbaar geschoold werk ten koste van laag- en hooggeschoold werk (zie figuur 6). Fernandez-Macias verklaart de verschillen aan de hand van institutionele factoren, zoals verschillen in de mate van flexibilisering van de arbeidsmarkt, vastgestelde minimumlonen of de aanwezigheid en sterkte van vakbonden. Voor Nederland en Duitsland heeft de deregulering van de arbeidsmarkt geleid tot een toename van flexibele contracten voor laagopgeleiden. Dat is een van de oorzaken van de stijgende vraag naar werk voor lageropgeleiden. De Scandinavische landen en Luxemburg hebben volgens Fernandez-Macias sterke vakbonden en een meer homogene loonstructuur; dat zou het patroon van skill upgrading voor deze landen kunnen verklaren. Voor de Zuid-Europese landen wijst op de ruimere kredietverstrekking sinds de toetreding tot de Europese Monetaire Unie, dat leidde tot een enorme expansie van middel opgeleid werk, vooral in de bouwsector.

5.3 Prognoses voor de nabije toekomst

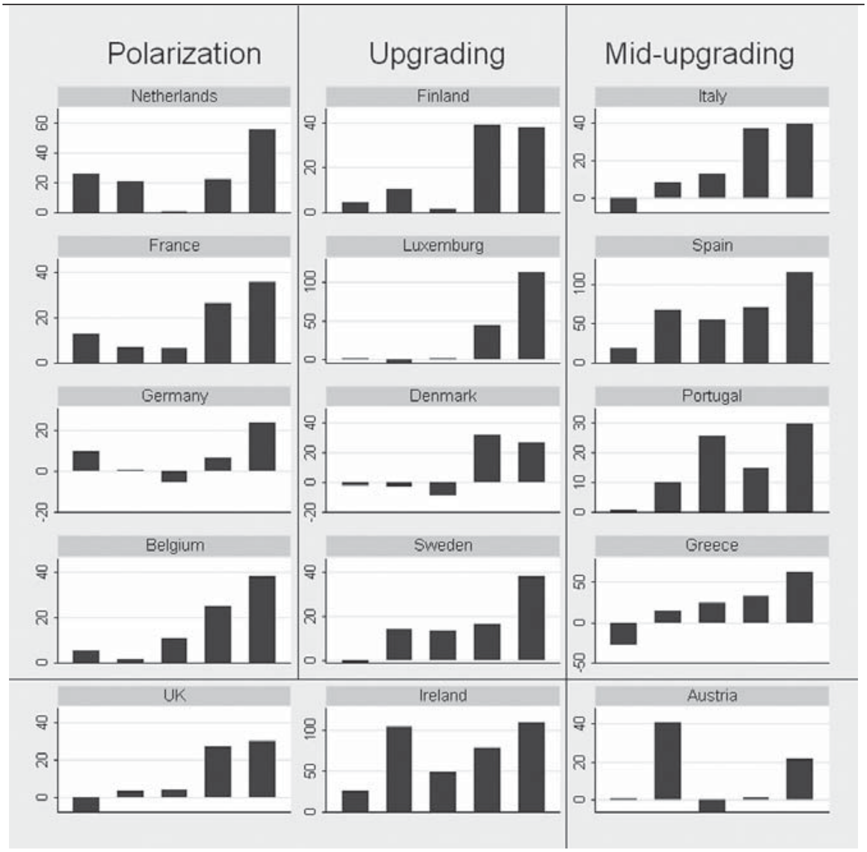
Het is onzeker hoe de vraag naar arbeid zich onder invloed van technologische ontwikkelingen in de toekomst ontwikkelt: er zijn immers geen data beschikbaar. Wel bestaan er verschillende visies, of speculaties, over de toekomst en over de vraag of, en in hoeverre, machines het werk van mensen zullen overnemen. Brynjolfsson en McAfee (2014) en bijvoorbeeld Ford (2009; 2015) stellen dat machines veel meer dan in het verleden mensen zullen vervangen. Volgens hen is de balans tussen baancreatie en baanverlies nu verschoven naar het laatste. Maar hun visie is niet onomstreden. Miller & Atkinson (2013) denken dat zij de snelheid van de technologische ontwikkelingen – en de mogelijkheden van technologie om menselijke taken over te nemen – systematisch overschatten. Denk bijvoorbeeld aan de discussie over hoe lang de Wet van Moore zijn geldigheid behoudt. Tot hoe lang kan elke anderhalf jaar de rekenkracht worden verdubbeld, en wanneer vindt een overstap plaats naar andere technologieën (zie ook Kader 2 in Hoofdstuk 2)?

Dansen met robots

Op dit moment nemen computers voornamelijk middelbaar geschoold werk over. Verschillende studies verwachten dat deze polarisatietrend zich voortzet in de komende jaren en computers steeds meer routinewerk kunnen overnemen (Dolphin 2015; Levy & Murnane 2013). Levy & Murnane (2013) verwachten op basis van het routinemodel van Autor et al. (2003) dat de toekomst van werk zal bestaan uit drie niet-routinematige, cognitieve taken: 1) het oplossen van ongestructureerde problemen, 2) het werken met nieuwe informatie en 3) het uitvoeren van niet-routineus fysiek werk. In deze taken zal de mens samenwerken met de computer; zij zullen elkaar zo veel mogelijk aanvullen.

Bijvoorbeeld dokter waarbij die geholpen wordt door een softwareprogramma bij het stellen van een diagnose. Ook een Duitse studie, uitgevoerd in opdracht van het Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014) gaat uit van verschillende vormen van complementaire samenwerking tussen mens en machine, bijvoorbeeld een vorm waar de mens de machine instrueert tot aan gelijkwaardige vormen van samenwerking ('de robot als collega'). Daarnaast is de verwachting dat werk met een persoonlijke component (deels) zal blijven (Levy & Murnane 2013; Bainbridge 2015; Blinder 2006). De rest van het werk (veelal routinewerk) zal volgens Levy & Murnane door computers of in lagelonenlanden worden gedaan. Zij halen een voorspelling voor 2020 van het Amerikaanse Bureau of Labor Statistics, die hun hypothese ondersteunt. In deze hypothese zet de baanpolarisatietrend zich voort en wordt (cognitief) routinewerk steeds verder vervangen. De grootste groei verwacht het bureau in de gezondheidszorg, in technische en wiskundige beroepen, in maatschappelijk en welzijnswerk en de bouw.

Figuur 6 Relatieve verschillen in werkgelegenheid in opleidingskwintielen (Fernandez-Macias 2012)



Bron: Fernandez-Macias (2012)

Echter, ook hoog- en laagopgeleid werk lijkt niet 'immuun' voor automatisering: *"Do-it-yourself kits, for instance, potentially substitute for the roles played by lawyers in conveyancing, divorces and making wills. And intelligent, automated systems have some capacity to squeeze out jobs at the bottom of the occupational hierarchy too"* (Hogharth & Wilson 2015, p. 21). Volgens de WRR (2013, p. 152) kan automatisering in de toekomst consequenties hebben voor alle opleidingsniveaus: "Handelingen die op regels zijn gebaseerd, zullen in steeds verdergaande mate geautomatiseerd kunnen worden maar communicatie en complexe probleemoplossing zal voorlopig nog wel mensenwerk blijven."

Kader 4 Beroepen van de toekomst

Tijdens een workshop op 3 oktober 2013 over de beroepen van de toekomst, georganiseerd door BrilliantBrains en de Haagse Hogeschool, is nagedacht over beroepen die min of meer een logisch gevolg zijn van technologische ontwikkelingen en dan met name in de ICT. Hieronder volgt een selectie van mogelijk toekomstige beroepen:

3D-printing expert, 4D-printarchitect, augmented reality ontwerper, big data visualizer, chipinplanter, data visualisatiespecialist, dna-technoloog, dronemonteur, dronevanger, ethicus robotintelligentie, extended brainspecialist, fooddesigner, gamedeveloper, digitaal gereedschapontwikkelaar, minivoedselkweker, orgaanontwikkelaar, robotontwikkelaar, robotservicemonteur, robottherapeut, security identity-expert, smart home-ontwerper, smart grid-ontwerper, taal- en spraaktechnoloog, virtuele reisagent, virtuele rijvlieginstructeur, virtuele wereldontwerper en vrijetijdcoach.

Bron: Smeulders, R. & Prins, R. *Beroepen van de toekomst.*

Frey & Osborne publiceerden in 2013 – zoals al eerder naar verwezen – een veelbesproken en controversiële studie waarin ze ervan uitgaan dat computers in de toekomst ook niet-routinematige cognitieve taken van mensen zullen overnemen. Los van methodologische kwesties zegt de studie niets over of dat ook daadwerkelijk gebeurt (bijvoorbeeld vanwege maatschappelijke acceptatie of de kosten-batenanalyse) of welke mogelijk nieuwe banen erbij komen. Frey & Osborne denken dat 47 procent van de 702 'soorten' banen zeer gevoelig zijn voor automatisering in de komende twee decennia. In de sectoren maakindustrie, verkoop, de bouw[54] en de (persoonlijke) dienstverlening

54 In de studie van het Bureau of Labor Statistics wordt wel groei van de bouwsector verwacht.

zal de werkgelegenheid volgens hen afnemen.[55] Deloitte (2014) projecteerde de resultaten van Frey & Osborne op de Nederlandse situatie en verwachtte dat vooral administratieve en laaggeschoolde dienstverlenende functies risico lopen. De verwachte impact is groot voor verkopers, boekhoudkundig medewerkers en werknemers in de bouw. Op hbo- en wo-niveau lopen vakspecialistische beroepen (taxateur, laborant, opzichter) en specialisten in bedrijfsbeheer (accountants, analisten) volgens Deloitte risico. De kwetsbaarheid is in de techniek, landbouw, economie, rechten en management het grootst. De Brusselse denktank Bruegel (2014) berekende de cijfers voor heel Europa op basis van de studie van Frey & Osborne en kwam tot 49,5 procent van de banen in Nederland die gevoelig zijn voor automatisering, vergelijkbaar met andere Noord-Europese landen (België, Duitsland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Ierland en Zweden) en vergelijkbaar met de cijfers voor de Verenigde Staten.

Globalisering

De vraag over de banen van de toekomst hangt samen met de vraag waar die banen zich zullen bevinden. Wat betekent de steeds verder toenemende globalisering – op haar beurt mede mogelijk gemaakt door de IT-revolutie – voor de plaats waar werk wordt gecreëerd? Door globalisering en de komst van mondiale waardeketens verdwijnen[56] en verplaatsen banen.[57] Volgens Brown et al. (2008; 2014) ontstaat door de toenemende globalisering ook mondiale concurrentie tussen werknemers op het niveau van vaardigheden (zie ook Hoofdstuk 2). Hoogwaardige banen kunnen daardoor ook worden uitgevoerd op *low cost*-locaties. Tegelijkertijd biedt het toenemend aantal hoogopgeleiden ook kansen.[58] Nederland kan de potentie van meer hoogopgeleiden benutten; Nederlandse bedrijven nemen ook internationale kenniswerkers in dienst. Clustering van activiteiten die aantrekkelijk zijn voor bedrijven en werknemers wordt daardoor belangrijker.

---

55 Elliot (2008; 2014) komt – via geheel andere methoden – tot nog hogere cijfers. Volgens hem is 81% van de banen gevoelig voor automatisering. Ondanks het experimentele karakter van zijn studie, is hij van mening dat nieuwe methoden nodig zijn om de impact van IT op de arbeidsmarkt de komende jaren goed in te kunnen schatten vanwege het in zijn ogen ongekend snelle tempo van de technologische ontwikkelingen.

56 Autor, Dorn & Hanson (2013) laten bijvoorbeeld zien dat toenemende importconcurrentie met China heeft geleid tot een kwart afname van de maakindustrie in de VS tussen 1990 en 2007.

57 Jarenlang was er een trend te zien waarin productiewerk en delen van het R&D-werk werden verplaatst naar lagelonenlanden (offshoring). Inmiddels is er ook een trend te zien waarbij bedrijven het werk weer terughalen naar het land van herkomst (reshoring). Volgens sommigen zou minstens een kwart van de huidige banen in de Verenigde Staten kunnen worden uitbesteed. Dit zijn vooral banen van gemiddeld opgeleide mensen. Toch scoren ook hoogopgeleiden hoog op de mogelijkheid om delen van het werk uit te besteden (CPB 2012).

58 Interview Bas ter Weel.

Vaardigheden

Technologische vernieuwing verandert de vraag naar vaardigheden. Daardoor ontstaat ook discussie over mogelijk toenemende *skills mismatch*. Skills mismatch is echter moeilijk te meten. [59] Zo is er bijvoorbeeld onduidelijkheid over de vraag of kwalitatieve mismatch – een mogelijk tekort aan personeel met specifieke (vaak technische) vaardigheden – wel of niet te verwachten is. De bevindingen van studies op macroniveau en microniveau conflicteren (Gijsbers 2014, p. 6): *"(…) we are seeing a major contradiction between macro level studies that indicate that overall no major shortages of high-skilled labour are to be expected and industry and sector level studies which emphasize urgent problems being faced by industry in finding workers with right skills and competences. This contradiction is not easily explained and requires further research. One possible explanation may be that labour markets are not functioning as well as they should and do not match supply and demand very effectively. Limited mobility of skilled personnel may contribute to the mismatch."*

Daarnaast bestaan er zorgen over onder- en overkwalificatie. Een studie van de OESO uit 2011 geeft aan dat in Europa beide soorten mismatch bestaan: *"(…) in the OECD on average, about one in four workers are over-qualified – i.e. they possess higher qualifications than those required by their job – and just over one in five are under-qualified – i.e. they possess lower qualifications than those required by their job"* (Quintini 2011, p. 4). Volgens Britse wetenschappers van het Institute for Employment Research neemt de concurrentie voor vooral laaggeschoold werk toe: *"There are, for example, an increasing number of highly qualified people in elementary occupations which typically do not require such a level of formal qualifications"* (Hogarth & Wilson 2015, p. 21). Mensen met meer kwalificaties zijn beter in staat om banen te vinden en te behouden en duwen zo anderen, lagergeschoolden, uit de arbeidsmarkt: een proces van 'neerwaartse verdringing'. Ook zij zien de invloed van globalisering en technologische innovatie waardoor de vraag naar middelgeschoold werk afneemt, de vraag naar hooggeschoold werk toeneemt, met weinig verandering in de vraag naar laaggesschoold werk.

Baanpolarisatie kan ook worden geïnterpreteerd als een vorm van skills mismatch (HCSS & TNO 2013): de vraag naar hooggeschoold werk neemt sneller toe dan het aanbod, terwijl vraag naar middengeschoold werk sneller afneemt dan hun aandeel in de arbeidsmarkt. Een belangrijke vraag voor de toekomst is of werknemers snel genoeg nieuwe vaardigheden kunnen opdoen om werk te vinden waar vraag naar is.

---

59 Voor een overzicht van verschillende soorten skills mismatch, en een bespreking van verschillende methodologische kwesties, zie bijvoorbeeld ILO 2014 of Quintini 2011.

5.4 Beleidsopties: race tussen onderwijs en technologie?

Dit hoofdstuk heeft diverse wetenschappelijke inzichten over de invloed van technologische verandering op de arbeidsmarkt in kaart gebracht. Het beeld sinds de industriële revolutie (het eerste machinetijdperk) is geweest dat nieuwe technologie banen vernietigt, maar dat er steeds nieuwe (en vaker betere) banen voor in de plaats zijn gekomen. Technologie was skill upgrading: het vroeg van iedereen om meer vaardigheden. Door grote investeringen in onderwijs is het ook gelukt om mensen beter op te leiden om aan die vraag naar nieuwe, betere vaardigheden te voldoen (Goldin & Katz 2008). De 'race tussen technologie en onderwijs' is dus in het verleden steeds gewonnen door onderwijs.

Maar sinds de opkomst van het tweede machinetijdperk, waarin machines denkkracht leveren en waar het digitaal Taylorisme (zie Hoofdstuk 2) het mogelijk maakt om cognitief routinewerk in deeltaken op te knippen en te offshoren, outsourcen of te automatiseren, is echter een patroon van baanpolarisatie te zien. De vraag naar middelbaar geschoold, cognitief routinewerk is afgenomen, terwijl de vraag naar hoogopgeleid en (in mindere mate) laaggeschoold werk stijgt. Vooral hogeropgeleiden lijken te profiteren van de IT-revolutie.[60] Dit kan leiden tot 'neerwaartse verdringing' (Hogarth & Wilson 2015) waarbij het middensegment gaat concurreren met de onderkant van de arbeidsmarkt.

De verwachtingen voor de toekomst zijn onduidelijk: het tempo van technologische ontwikkelingen is onzeker, en ook over de mate waarin technologie het werk van mensen overneemt, verschillen wetenschappers van mening. Toch gaan diverse studies ervan uit dat de polarisatietrend doorzet en dat ook zowel laag- als hooggeschoold werk geautomatiseerd kunnen worden (denk aan tolken, bepaalde functies in de advocatuur of accountancy of Artificial Intelligence-webdesign).[61] Veel beleidsopties wijzen ook nu op het belang van scholing. We noemen in deze paragraaf de opties die in dit verband worden genoemd. Nader onderzoek is nodig om tot concrete beleidsaanbevelingen te komen.

Herscholing, bijscholing en *on-the-job-training*

Scholing is van belang om ervoor te zorgen dat iedereen – inclusief het middensegment dat nu vooral door automatisering wordt getroffen – nieuwe vaardigheden opdoet en weer nieuw werk zal vinden. Dit kan voor sommige groepen een pijnlijke transitie zijn. Goos (2013) verwacht dat zolang landen blijven investeren in onderwijs en *on-the-job-training*, er aan de toenemende

---

60 Baanpolarisatie kan nog steeds ook skill upgrading zijn. Volgens Goos (2013) is 'netto' nog steeds sprake van skill upgrading.

61 Zie bijvoorbeeld de automatische webdesignsite The Grid, https://thegrid.io.

vraag voor hogergeschoold werk kan worden voldaan, en dat het skill upgrading-effect van technologie en economische groei zich kan voortzetten. Herscholing en bijscholing zijn belangrijk, maar gaan langzaam. In Nederland gaat dit proces vooral via de instroom van jongeren op de arbeidsmarkt. De groep mbo 2 en 3 met werk is kwetsbaar voor technologische verandering: als zij boventallig worden, komen ze moeilijk aan nieuw werk, en kunnen de gevolgen voor bijvoorbeeld hun pensioen groot zijn.[62]

Het CPB (2012) wijst in verband met baanpolarisatie op het belang van doorstroming van het middensegment naar hogergeschoolde banen, en het vergroten van het aanpassingsvermogen van werknemers: werknemers met meer generieke capaciteiten kunnen eenvoudiger tussen bedrijven en sectoren switchen op het moment dat – om wat voor reden dan ook – de vraag op de arbeidsmarkt verandert. Dit kan bijvoorbeeld door baanroulatie en te investeren in 'on-the-job-training'. Goos (2013) bespreekt diverse wetenschappelijke studies die empirisch bewijs vinden voor het belang van HR-beleid en het optimaal gebruik kunnen maken van ICT. Belangrijke elementen van dat HR-beleid zijn zelfsturende teams, baanroulatie, training van competenties als samenwerken en informatie delen. Het creëren van meer aanpassingsvermogen van werknemers vereist samenwerking van werkgevers, werknemers, onderwijsinstellingen en de overheid. Volgens Cedefop (het Europees centrum voor de ontwikkeling van beroepsopleidingen) zijn landen waarin minder sprake is van skills mismatch de landen waarin bedrijven beter personeelsbeleid voeren en meer hoogwaardige banen bieden (Cedefop 2015).

Om skills mismatch zo veel mogelijk te voorkomen, wordt meer interactie tussen bedrijven en het onderwijs van belang geacht. Onderwijsinstellingen kunnen bijvoorbeeld bedrijven betrekken bij de opzet van curricula; ook kunnen bedrijven en onderwijsinstellingen strategische relaties opzetten (Salomons 2015; UKCES 2014). Daarnaast kan meer afstemming plaatsvinden over de meer generieke vaardigheden die in onderwijsinstellingen centraal staan en meer specifieke vaardigheden die werkgevers hun werknemers graag zouden leren. Brynjolfsson & McAfee benadrukken het belang van de komst van nieuwe online 'matchingsdiensten' zoals LinkedIn,[63] om een betere match tussen vraag en aanbod van werk te bewerkstelligen. Ook de opkomst van *Massive Open Online Courses* (MOOC's) kan worden gezien als een belangrijk element in betere toegang tot (betaalbaar) hoger onderwijs (Brainbridge 2015; Brynjolfsson & McAfee 2014).

---

62 Interview Bas ter Weel.

63 Ook nieuwe online diensten zoals TaskRabbit (een online marktplaats voor de Verenigde Staten waarbij mensen hun diensten lokaal aan anderen kunnen aanbieden) kunnen hier een rol in spelen.

Primair en voortgezet onderwijs

Andere beleidsopties achten scholing in uiteenlopende generieke vaardigheden voor het primair en voortgezet onderwijs van belang. Bijvoorbeeld vaardigheden waarin mensen zich onderscheiden van computers – zoals werken met nieuwe informatie, combineren van informatie en ongestructureerde problemen, creativiteit en interpersoonlijke vaardigheden zoals communicatie – en anderzijds vaardigheden die passen bij toenemende flexibilisering en een digitaliserende omgeving, zoals metacognitieve vaardigheden (leren leren), ondernemerschap en *e-skills*, zoals leren coderen, programmeren, 3D-printen en dergelijke.

Er ontstaan (ook in Nederland) meer initiatieven om kinderen op jonge leeftijd te leren programmeren[64] en ze kennis te laten maken het ondernemerschap.[65] Deels zijn dit vaardigheden die worden aangeduid als 21e-eeuwse vaardigheden: conceptuele en metacognitieve kennis en vaardigheden op het gebied van communicatie, samenwerken, sociaal-cultureel bewustzijn en ICT-vaardigheden (zie bijvoorbeeld SLO 2008).

Het CPB (2014a) laat zien dat ook persoonlijke ontwikkeling en motivatie belangrijke vaardigheden zijn; ze zijn belangrijke voorspellers van sociaal-economische uitkomsten, zoals de kans op een baan, het loon dat iemand verdient en het aantal jaren dat wordt geïnvesteerd in onderwijs. Het CPB pleit er dan ook voor om aandacht voor deze vaardigheden in het onderwijscurriculum te versterken. De Skills Outlook van de OESO (2013a, p. 23) laat zien dat lang niet iedereen bedreven is in deze vaardigheden:

- *"In most countries, there are significant proportions of adults who score at lower levels of proficiency on the literacy and numeracy scales.*
- *In many countries, there are large proportions of the population that have no experience with, or lack the basic skills needed to use ICTs for many everyday tasks.*
- *Only between 2.9% and 8.8% of adults demonstrate the highest level of proficiency on the problem solving in technology-rich environments scale."*

64 Zie bijvoorbeeld Het Uur Code, http://hourofcode.com/nl en de Robomind Academy, http://tegenlicht.vpro.nl/nieuws/2014/november/programmeren-in-nederland.html. In Groot-Brittannië is programmeren sinds september 2014 een verplicht onderdeel van het curriculum, zie http://www.bbc.com/news/education-26061864.

65 Zie bijvoorbeeld het ondernemerschapsprogramma voor het basisonderwijs, http://www.jongondernemen.nl/bizworld.

Een scenariostudie van de Britse Commission for Employment & Skills (2014)[66] verwacht dat werk in de toekomst flexibeler wordt, en dat er daardoor meer zelfmanagement en *business skills* van werknemers wordt verwacht, zoals projectmanagement en het vermogen om jezelf te promoten. Ook andere vaardigheden zoals: *"Personal agility and resilience, such as the ability to adapt to or embrace change is important within this context."* Samenwerken, probleemoplossen, een goede taalbeheersing, projectmanagement en goede communicatievaardigheden worden ook door het McKinsey Global Institute (2012) benadrukt. Onder business- en ondernemersvaardigheden vallen ook data-analyse, waardenketenmanagement, financiële en personeelszaken, en intellectueel eigendom (Gijsbers 2014).

Begin 2015 heeft de staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen het Platform #Onderwijs 2032 gelanceerd.[67] Het platform richt zich op de vraag welke vaardigheden kinderen moeten leren die in 2032 naar school gaan, om goed voorbereid te zijn op de veranderende samenleving en arbeidsmarkt door snelle technologische ontwikkelingen.[68] Uit de brainstorm die eind 2014 startte, komen bovenstaande soorten vaardigheden ook naar voren: kennis voor leren en werk (ondernemerschap, leren leren), persoonsvorming (creativiteit, mindfulness, nieuwe perspectieven) en maatschappelijke vorming (digitale geletterdheid, vrijheid van meningsuiting). De komende maanden werkt het platform deze categorieën verder uit.

---

66 De commissie bestaat uit vertegenwoordigers van het bedrijfsleven en vakbonden, en is publiek gefinancierd, https://www.gov.uk/government/organisations/uk-commission-for-employment-and-skills/about.

67 Kamerstuk II 2014/2015 31 293, nr. 232; Kamerstuk II 2014/2015 31 293, nr. 226.

68 http://onsonderwijs2032.nl/

Intermezzo

Interview met
Fabian Dekker,
Universiteit Rotterdam

Intermezzo

"Voer maatschappelijke discussie ook buiten Den Haag"

Het valt niet te ontkennen: de ongelijkheid in Nederland op basis van het type arbeidscontract en als gevolg van technologische innovatie groeit. De hoogste tijd voor een brede maatschappelijke discussie over onder meer de mogelijke beleidsopties, vindt Fabian Dekker, onderzoeker aan de Erasmus Universiteit Rotterdam.

Er bestaat discussie over toenemende inkomens- en vermogensongelijkheid in Nederland. Vooral inkomensongelijkheid wordt (deels) via bestaande instituties en sociale zekerheidsregelingen gedempt. "Maar voor de kwaliteit van werk, en de zekerheid van het hebben van werk zijn instituties onvoldoende aangepast." Flexwerkers scoren niet goed op zaken als baanonzekerheid, autonomie en leermogelijkheden, verklaart Dekker. "De belangrijke vraag voor de toekomst is of we geen hardere tweedeling tussen flexwerk en vast werk krijgen."

Dé flexwerker bestaat niet, benadrukt Dekker, maar deeltijd-, uitzend-, tijdelijk, pay-roll-werk en werk op basis van nulurencontracten wordt wel bovengemiddeld vaak door jongeren, ouderen, laagopgeleiden, vrouwen en niet-westerse allochtonen gedaan. En de groeiende groep zzp'ers bestaat weliswaar grotendeels uit 'happy workers', maar kent ook problemen, zoals mentale belasting of de onzekerheid over de toekomst. Dekker: "Op termijn verwacht ik een serieus probleem, zeker gezien de grote mate van onderverzekering."

Technologie is deels verantwoordelijk voor de grotere inzet van flexibele werkvormen, maar er spelen ook andere factoren, zoals de afgenomen rol van de vakbonden, een toegenomen openheid van economieën en deregulering van de sociale zekerheid. De huidige discussie zou volgens Dekker vooral moeten gaan over de effecten van automatisering, in plaats van over mogelijk toekomstige gevolgen van robotisering. Hij wijst op een versnelling van de effecten van de automatiseringsslag vanuit de jaren tachtig. Waren de negatieve effecten van automatisering vanaf 1980 met name voor de laaggeschoolden voelbaar, nu raken deze ook steeds meer middelbaar geschoolden, met name het niveau mbo2-4. "Deze groepen lopen nu het grootste risico om werkloos te worden." De positie van laagopgeleiden verslechtert als gevolg van structurele neerwaartse verdringing door hoogopgeleiden. Want hoewel nieuwe technologie de vraag naar hoogopgeleiden doet stijgen, is er onvoldoende absorptievermogen voor mensen met hogere kwalificaties. Zij accepteren daarom werk dat voorheen door mensen met minder opleiding werd gedaan.

Flexwerk staat voor Dekker haaks op innovatie; het leidt volgens hem niet tot meer R&D-uitgaven en is ook niet de banenmotor die men denkt dat het is. Het debat over (onconventionele) beleidsopties om met de gevolgen van automatisering om te gaan, boeit hem dan ook ten zeerste: "Het is belangrijk om de nadelige effecten van flexwerk zo veel mogelijk te dempen." Denk bijvoorbeeld aan een 'transitierugzak', die mensen zouden kunnen aanspreken ten tijden van baanverandering, inactiviteit, maar ook om zorgtaken en betaalde arbeid te faciliteren. Sommigen leggen de nadruk op leren en kunnen programmeren. "Maar ik denk dat omgaan met big data, het kunnen interpreteren van data, dat soort analytische en creatieve skills, belangrijker is. Juist in dat soort skills verwacht ik dat de mens beter is dan technologie. Dat is allemaal *tacit knowledge*: we weten vaak niet wat we allemaal kunnen."

De OESO *(Employment Outlook 2014)* denkt aan het *single labour contract* om de toenemende tweedeling tussen flexwerkers en de groep met vast werk te verkleinen. "Daarin heeft iedereen hetzelfde contract, een soort nulurencontract, en ga je per dag dat je werkt rechten opbouwen. Ook de jeugd kan zo rechten opbouwen. Het begin is dus een gelijk speelveld. Maar het betekent ook een individualisering van het sociale stelsel."

Kijkend naar innovatie loont het om flexibel personeel te behandelen als ware het vaste krachten, aldus Dekker. "Het gaat om vrij basale dingen als uitnodigingen voor bedrijfsuitjes, functioneringsgesprekken, on-the-job training en loopbaanbegeleiding. Flexwerkers krijgen onvoldoende de tools om mobiel te zijn." De discussie over de vraag waarom werkgevers nalaten om in flexibel personeel te investeren, wordt echter amper gevoerd.

Zo wordt er volgens Dekker nog meer niet of in slechts beperkte kring besproken. Hij pleit voor een brede maatschappelijke discussie over de effecten van automatisering voor verschillende groepen op de arbeidsmarkt. Hoe willen we de samenleving van de toekomst inrichten? Welke mogelijkheden geven we mensen? Wat doen we met mensen die duurzaam in de flexibele schil belanden of anderszins niet mee kunnen komen? Vinden we het een probleem en zo ja, wat doen we dan? "Dat moet niet alleen blijven hangen in Den Haag." De veranderende arbeidsmarkt vraagt volgens Dekker om arbeidscontractneutrale arrangementen die uitgaan van de capaciteiten van mensen en waaraan het bedrijfsleven ook bijdraagt. "Nu wordt er veel nadruk gelegd op de verantwoordelijkheid van het individu en diens *employability*. Maar wat is de gezamenlijke verantwoordelijkheid? En wat is de rol van de werkgever?"

6 IT en welvaart

Govert Gijsbers

Dit hoofdstuk gaat in op de relatie tussen IT en welvaart: hoe beïnvloedt IT onze welvaart, of scherper gezegd, hoe beïnvloedt IT onze mogelijkheden tot inkomens- en vermogensverwerving? IT zorgt voor veranderingen op talrijke fronten in onze economie. Zo kunnen IT-investeringen leiden tot veranderingen in werkgelegenheid, in lonen, maar ook tot lagere productiekosten en daarmee goedkopere producten. Daarnaast kan de productiecapaciteit die vrij komt door arbeidsbesparende IT en ook (een deel van) het inkomen dat met IT wordt gegenereerd worden aangewend in andere segmenten van de economie (de zogenaamde tweede orde-effecten, zie Hoofdstuk 4) waarmee de algehele welvaart op een hoger plan kan worden getild. De relatie tussen IT en welvaart wordt inzichtelijk gemaakt aan de hand van vier deelvragen en dito paragrafen. Gestart wordt met de vraag welke begrippen van belang zijn in de relatie tussen welvaart en IT. Vervolgens komt ter sprake welke veranderingen in welvaart er de afgelopen decennia feitelijk hebben plaatsgevonden. Een logische vervolgvraag is: in welke mate en op welke wijze is technologie verantwoordelijk voor (veranderingen in) welvaart, nu en in de toekomst? En tot slot: welke opties zijn er voor beleid?

6.1 Definities en begrippen

Verdelingsvragen hebben te maken met gelijkheid en ongelijkheid. Daarbij wordt vaak een onderscheid gemaakt tussen gelijkheid van kansen *(equal opportunities)* en gelijkheid van uitkomsten (Kremer et al. 2014). Beide zijn belangrijk. Een bepaalde mate van gelijkheid van uitkomsten wordt bereikt door allerlei herverdelingsmaatregelen van de overheid via belastingen, subsidies, uitkeringen en toeslagen. Gelijkheid van (ontplooiings)kansen is volgens Pels (2009, p. 2) belangrijk voor sociale cohesie: "(…) die zichtbaar werkende kansengelijkheid is het beste middel om 'de boel bij elkaar te houden'."

In de relatie tussen technologie en ongelijkheid gaat het om beide. Bij de gelijkheid van kansen speelt de discussie rond de digitale tweedeling *(digital divide)* een rol; de meeste aandacht gaat echter uit naar vragen over uitkomsten. Daarbij zijn materiële verdelingsvragen (inkomen en vermogen) belangrijk, maar ook zaken als de kwaliteit van arbeid en baanzekerheid.

Voordat inkomens en vermogens verdeeld kunnen worden, moeten ze eerst worden verdiend, casu quo worden opgebouwd. Paragraaf 2 kijkt daarom, op basis van het beschikbare cijfermateriaal, hoe de beloning van arbeid (lonen /

inkomens) en kapitaal (winsten en vermogens) zich in de afgelopen decennia hebben ontwikkeld. Hieraan voorafgaand komt de verdeling van het nationale inkomen tussen arbeid en kapitaal (de arbeidsinkomensquote) ter sprake. Bij de inkomensverdeling kan onderscheid worden gemaakt tussen de bruto of primaire inkomensverdeling en de netto of secundaire inkomensverdeling na belastingen, sociale premies, toeslagen, et cetera (Kremer et al. 2014; Ostry et al. 2014). Voor de inkomens- en vermogensverdeling kunnen verschillende maten worden gehanteerd. Een voorbeeld hiervan is de Gini-coëfficiënt; hoewel deze een samenvatting geeft in een getal (0-1), verschaft deze geen inzicht in de verdeling tussen boven- en onderkant (de bovenste en de onderste 10 procent van de populatie of de vraag van de 99 procent tegenover de 1 procent van de populatie).

De verdeling van inkomen en vermogen tussen laag-, midden- en hoogopgeleiden is van belang vanwege de waargenomen baanpolarisatie op de arbeidsmarkt in relatie tot technologie, kennis en vaardigheden (zie ook Hoofdstuk 5). Ook is het van belang te kijken naar de ruimtelijke ongelijkheid in de inkomens en vermogensontwikkeling: groei en krimp zijn waarneembaar in Nederland (Randstad versus 'periferie') en daarnaast is er een sterke, wereldwijde technologiegedreven groei in een klein aantal regio's (bijvoorbeeld in Silicon Valley) waar extreem grote vermogens worden gegenereerd.

Er is niet alleen ongelijkheid tussen regio's en landen, er is ook ongelijkheid tussen generaties, met in Nederland en elders grote en groeiende verschillen tussen de babyboom- en post-babyboomgeneraties. Daarnaast lijkt vooral de vermogensverdeling weer meer erfelijk bepaald te worden (*The Economist* 2015a). Voor Nederland constateert het Sociaal en Cultureel Planbureau (Bovens et al. 2014) dat naast ongelijkheid ook de segregatie (met name in wonen en onderwijs tussen hoger- en lageropgeleiden) toeneemt.

Welke rol speelt technologische verandering (vooral in IT, automatisering en robotica) in vragen rond verdeling van inkomen en vermogen? Het is niet eenvoudig die relatie te leggen, want, zoals ook uit de voorgaande hoofdstukken duidelijk is geworden, spelen naast technologie ook andere factoren een rol als het gaat om de groei van productiviteit en verdeling van de welvaart. Offshoring zorgt voor het verdwijnen van productiebanen. Globalisering en offshoring van productie hangen overigens nauw samen met technologieontwikkeling en worden daardoor deels aangedreven, wat het moeilijk maakt om de twee te onderscheiden. Daarnaast heeft de recessie sinds 2008 grote invloed gehad op groei en verdeling van inkomens en vermogens (onder andere via de oplopende werkloosheid) wat het moeilijk maakt de rol van technologie scherp te onderscheiden.

6.2 Welvaartsverdeling 2000-2014

Deze paragraaf beschrijft enkele aspecten die te maken hebben met de verdeling van de welvaart in brede zin. Eerst gaat de aandacht uit naar het aandeel van de factor arbeid in het nationaal inkomen. Vervolgens staat de inkomens- en vermogensverdeling centraal. Daarna komt kort ter sprake hoe ongelijkheid tussen regio's in Nederland en elders en die tussen generaties zich ontwikkelt. Ten slotte komen meer kwalitatieve aspecten aan de orde die meer met welzijn te maken hebben: ontwikkelingen in kwaliteit van werken, baanzekerheid en toekomstperspectieven.

De factor arbeid in het nationaal inkomen

Er is internationaal veel aandacht voor de veranderingen in de beloning van de factoren arbeid en kapitaal (OESO 2012). In veel landen lijkt het aandeel van de factor arbeid in het nationaal inkomen te dalen ten koste van de beloning van kapitaal. In de Verenigde Staten wordt – zoals in Hoofdstuk 4 reeds genoemd – door Brynjolfsson en McAfee (2011) gesproken over the great decoupling. Tot ongeveer 1990 liep de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit en van de inkomens gelijk op, maar sinds die tijd wordt de productiviteitsgroei niet meer vertaald in een stijging van het inkomen van huishoudens.[69] Voor de Verenigde Staten vinden Elsby et al. (2013) dat het grootste deel van de druk op de lonen verklaard wordt door het offshoren van de arbeidsintensieve delen van de productieketen. Daarnaast spelen liberalisering van de arbeidsmarkt en investeringen in nieuwe arbeidsbesparende technologie een belangrijke rol.

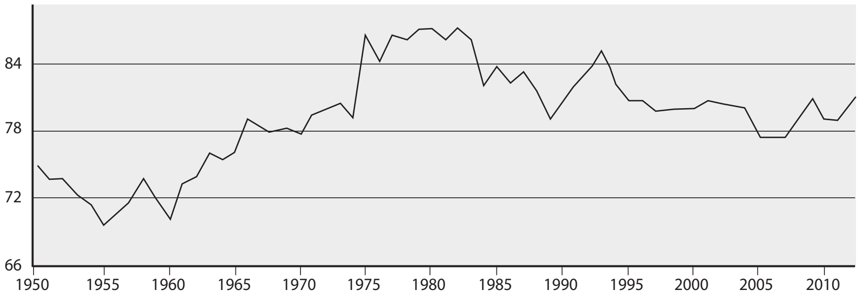
De OESO (2012) neemt voor de afgelopen twintig jaar een daling van het arbeidsdeel van het nationaal inkomen (de arbeidsinkomensquote) waar: van 66 procent naar 62 procent. De OESO noemt vier factoren die hieraan bijdragen. Ten eerste maakt technologie hoogproductieve nieuwe investeringen mogelijk die niet alleen winstgevend zijn, maar ook de mogelijkheid bieden om arbeid door kapitaal te vervangen.[70] Een andere factor die de beloning van arbeid versus kapitaal beïnvloedt, is de toenemende wereldwijde concurrentie, met name vanuit lagelonenlanden. Ten derde is de macht van de vakbonden die de belangen van hun leden verdedigen, tanende. Een laatste factor is dat in veel landen een liberalisering van de arbeidsmarkt heeft plaatsgevonden. Ook in Nederland is arbeidsinkomensquote in de laatste decennia (1980-2010)

69 In een nuancering (Pessoa & Van Reenen 2012) wordt onderscheid gemaakt tussen bruto en netto ontkoppeling – in de laatste wordt de stijgende waarde van de secundaire arbeidsvoorwaarden meegenomen in de analyse en daardoor blijft een kleinere netto ontkoppeling over.

70 Meer specifiek spreekt de OESO van stijging in *total factor productivity* (TFP) en van *capital deepening* (kapitaalverdieping); beide zijn sterk gerelateerd aan technologieontwikkeling en toepassing (zie ook Hoofdstuk 4).

gedaald (Figuur 7) – waarbij het overigens nogal uitmaakt over welke periode gekeken wordt.

Figuur 7 Arbeidsinkomensquote van de marktsector in Nederland, 1950-2012.



Bron: Kremer et al. 2014, p. 144

Een daling van de arbeidsinkomensquote betekent dat productiviteitsstijging niet ten goede komt aan de productiefactor arbeid, maar aan de productiefactor kapitaal.[71] In Nederland spelen hierin zowel de jarenlange loonmatiging als ook de geringere belasting van vermogens een rol. Een studie van De Nederlandsche Bank (Eggelte et al. 2014) laat zien dat de arbeidsinkomensquote in Nederland hoog ligt in vergelijking tot andere landen (rond de 80 procent). Kijken we naar recente ontwikkelingen, dan valt op dat het reëel beschikbare inkomen sinds de crisis fors onder druk staat doordat "het inkomen van zelfstandigen hard is teruggevallen, de lonen trager stijgen, de werkloosheid oploopt, de lasten toenemen en de inflatie is opgedreven door kostprijsverhogende belastingen en stijgende energieprijzen" (Eggelte et al. 2014, p. 27). Overigens is recent de inflatie weer gedaald, mede onder invloed van dalende energieprijzen.

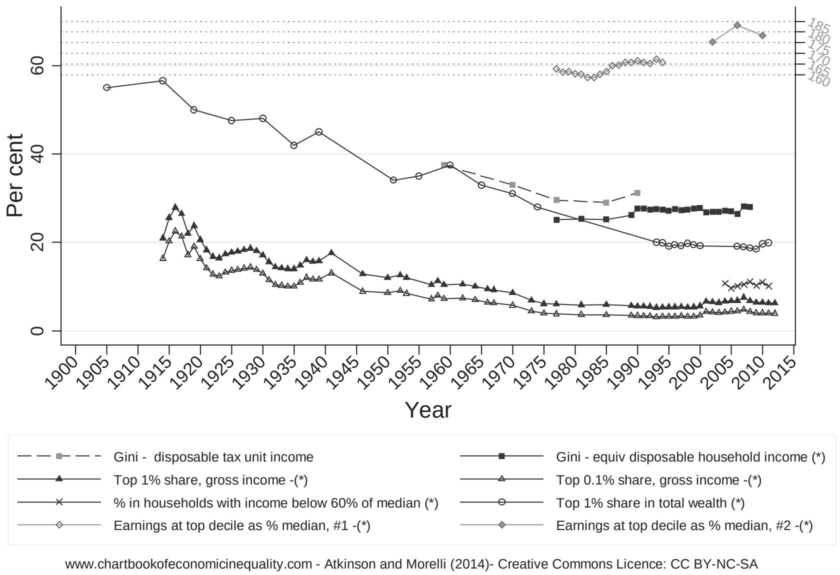
Bruto en netto inkomensverdeling

In de vorige paragraaf stond de verhouding arbeid en kapitaal centraal. Deze paragraaf richt zich op beloningsverschillen binnen de factor arbeid. De bekendste maat die de verdeling van inkomen en vermogen in één getal weergeeft, is de Gini-coëfficiënt. Deze neemt bij een volledig gelijke verdeling de waarde 0 aan en bij een volledig ongelijke verdeling de waarde 1.

71 De impact hiervan op de werknemer, diens koopkracht en consumptie is niet eenduidig en hangt van verschillende factoren af (bijvoorbeeld of lonen het hoofdbestanddeel vormen van het inkomen van consumenten, maar een mogelijk verbeterende concurrentiepositie van bedrijven die de stijgende winst kunnen gebruiken voor investeringen).

Het *Chartbook of Economic Inequality* (Atkinson & Morelli 2014) geeft een historisch overzicht van verschillende maten van ongelijkheid voor een groot aantal landen. Voor Nederland worden ook gegevens gepresenteerd over inkomensongelijkheid, namelijk de Gini-coëfficiënt, het aandeel 10% en 1% topinkomens, armoede (laagste 20 procent besteedbare inkomens), persoonlijke inkomens en vermogens (top 1%) (zie Figuur 8). De conclusies zijn dat de inkomensongelijkheid tussen 1959 en midden jaren tachtig is afgenomen, dat sinds de jaren negentig de inkomensongelijkheid 'relatief stabiel' is gebleven, dat het aandeel vermogens van de top 1% gedurende een groot deel van de twintigste eeuw is gedaald en daarna is afgevlakt, en dat er onvoldoende bewijs is met betrekking tot dalende of stijgende armoede in de afgelopen decennia.

Figuur 8 Inkomens en vermogensongelijkheid in Nederland.



Bron: Atkinson & Morelli 2014, p. 40

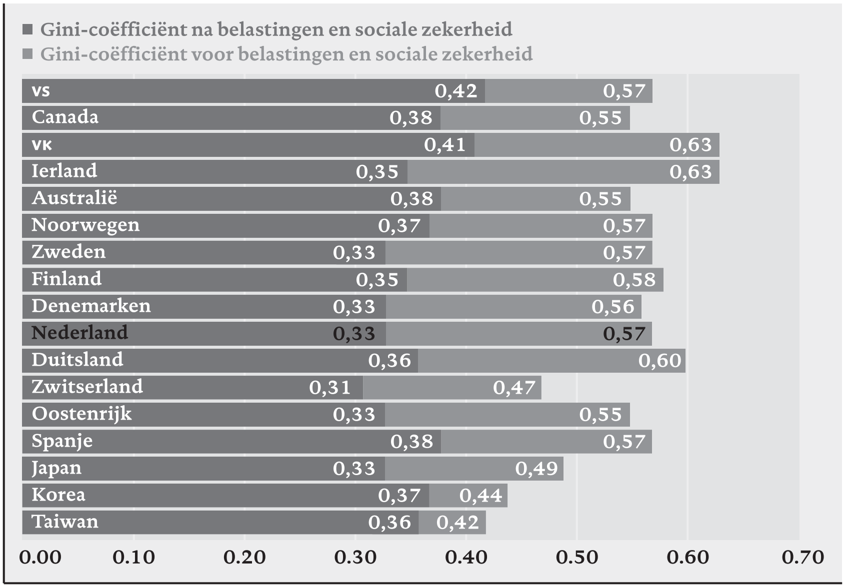
Als we naar de primaire inkomensverdeling kijken (Figuur 9) zien we voor Nederland een Gini-coëfficiënt van 0,57, vergelijkbaar met veel andere Europese landen. Herverdeling (door progressieve belastingen, uitkeringen, toeslagen en subsidies) zorgt ervoor dat de secundaire inkomensverdeling (besteedbare inkomens) met een coëfficiënt van 0,33 een stuk gelijkmatiger is – vergelijkbaar met de Scandinavische landen.

De Gini-coëfficiënt voor Nederland is al enkele decennia stabiel. Toch stelt Salverda (2014) dat de inkomensongelijkheid behoorlijk is toegenomen.

Volgens Salverda is de Gini-coëfficiënt een ontoereikende maat, omdat deze geen inzicht verschaft in de verdeling tussen de boven- en onderkant. Salverda analyseert de decielgemiddelden van de bruto-inkomens van 1977-2011 en concludeert op basis hiervan dat de inkomensverdeling een "massieve en vrijwel permanente stagnatie" aan de onderkant laat zien en een "sterke gestage stijging voor een beperkte groep" (Salverda 2014, p. 40). Deze toename in ongelijkheid geldt volgens Salverda zowel voor de bruto als voor de besteedbare inkomens.

Op het internetforum voor economen MeJudice concluderen Caminada et al. (2015) dat er op basis van hun gegevens "geen spoor" is van een groeiende ongelijkheid in de inkomensverdeling. "Het aandeel van topinkomens in het totale bruto-inkomen is in Nederland stabiel gebleven in de periode 1990-2012. Dat geldt ook voor het aandeel dat de top 0,1%, 1% en de top 5% afdragen aan inkomensheffingen. Het aandeel van de top 10% in de totale belastingafdracht is significant gestegen, naar 33,2% in 2012. Het beeld dat de rijken steeds rijker worden gaat dus ten aanzien van de Nederlandse inkomensverdeling niet op." In een reactie hierop stelt Salverda (2015) dat de inkomensverdeling een beperkt beeld geeft van de ongelijkheid: "Wat er echt toe doet voor rijkdom [is] vermogen." En het verhaal voor de vermogensverdeling ziet er heel anders uit dan voor de inkomensverdeling.

Figuur 9 Bruto en netto inkomensongelijkheid in verschillende landen (begin tot midden 2000).



Bron: Kremer et al. 2014, p.19.

Vermogensverdeling
Vermogen bestaat uit eigen woningbezit, spaargeld, aandelen, bedrijven, goederen, et cetera. Net als in andere landen zijn de vermogens in Nederland veel ongelijker verdeeld dan de inkomens, blijkt uit het Gini-coëfficiënt van 0,8 (Bavel 2014).

Mogelijk gaat het hier nog om een onderschatting, omdat met name de zeer grote vermogens deels wereldwijd gespreid en daarmee aan het zicht onttrokken zijn. Terwijl de onderste 60 procent van de bevolking 10 procent van het vermogen bezit, heeft de bovenste 10 procent ruim de helft van het nationale vermogen in bezit (Bavel 2014). Binnen deze laatste groep is de verdeling ook zeer scheef. Volgens de CBS-gegevens waarop Bavel zich baseert, bezit de rijkste 2 procent van de bevolking meer dan 30 procent van het vermogen. Het beeld wordt nog scherper als we kijken naar bronnen die rechtstreeks het vermogen van de allerrijksten proberen te schatten: volgens de Quote 500 bezaten in 2012 de 500 rijkste huishoudens (< 0,01 procent van de bevolking) ruim 10 procent van het vermogen (Bavel 2014).

De Nederlandse vermogensongelijkheid is groter dan die van de meeste Europese landen en volgens Salverda (2015) met een Gini-coëfficiënt van 0,89 zelfs hoger dan de Verenigde Staten. Door de tijd laat Nederland een daling van de vermogensongelijkheid zien tot begin jaren tachtig en een hoge, maar tamelijk gelijkblijvende ongelijkheid in de periode daarna (Bavel 2014).

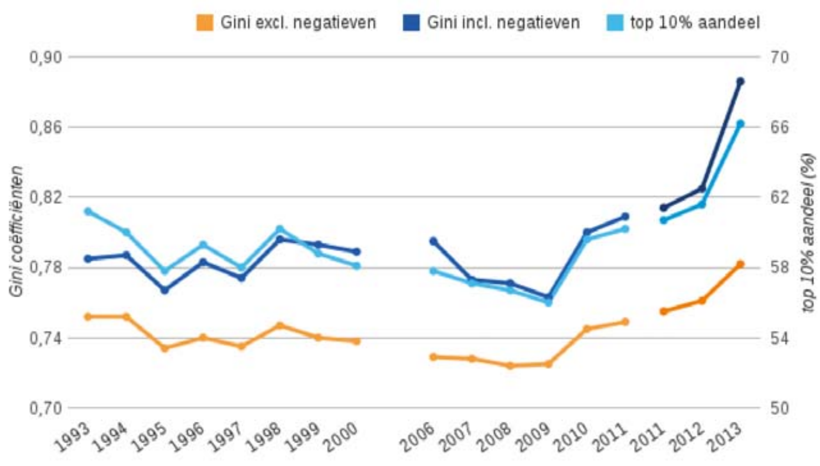
Van Bavel noemt vier oorzaken voor de ongelijke vermogensverdeling in Nederland: 1) de Nederlandse verzorgingsstaat die de noodzaak voor burgers heeft weggenomen om financiële buffers op te bouwen, 2) sterk stijgende huizenprijzen over de afgelopen dertig jaar en een gunstig ondernemingsklimaat, 3) de toegenomen mobiliteit van kapitaal, en 4) de daling van de belasting op vermogen en vermogenswinst.

De vermogensverdeling in Nederland is recent door de publicatie van Piketty (2014) sterk in de belangstelling komen te staan. Met name zijn centrale stelling dat in veel landen in de afgelopen decennia het vermogen sneller is gegroeid dan de economie (productie en lonen) krijgt daarbij veel aandacht. Piketty geeft geen gegevens over Nederland en ook Bavel geeft aan dat vooral het beeld vanaf 1980 weinig betrouwbaar is door ontbrekende gegevens en veranderende wijzen van registreren. Schaaijk (2015) en Coenen (2015) proberen in deze leemte te voorzien door meer actuele gegevens over de Nederlandse situatie te presenteren. Volgens Coenen (2015, p. 120) is de "precieze ontwikkeling van vermogensongelijkheid [...] voor Nederland in recente decennia vrijwel onbekend". Op basis van de verschillende datareeksen kan volgens Coenen gesteld worden dat er tot 1978 sprake was van dalende vermogensongelijkheid en is er ook een robuuste trend van groeiende vermogensongelijkheid waarneembaar tot 1989. Sinds die tijd is het beeld

onduidelijk, maar Coenen concludeert dat het onwaarschijnlijk is dat het aandeel van de top 1% vermogens sinds 1990 is afgenomen. Schaaijk (2015) presenteert gegevens over de kapitaalcoëfficiënt (de verhouding tussen kapitaal en nationaal inkomen) om Piketty's stelling voor Nederland te toetsen en constateert dat het beeld voor Nederland met een eerst dalende (tot midden jaren zeventig), vervolgens stabiele (tot 2009) en ten slotte licht stijgende vermogensongelijkheid, afwijkt van het beeld dat Piketty voor andere landen schetst.

Volgens Bavel (2014) is het waarschijnlijk dat deze cijfers niet het hele verhaal vertellen: de dynamiek zit vooral bij de armste huishoudens (toenemende schulden) en bij de rijkste huishoudens (sterk groeiende vermogens), zodat een groeiende ongelijkheid in de vermogensverdeling waarschijnlijker is dan een stabiele ontwikkeling. Ten slotte, benadrukt ook Salverda (2015), dat het vermogensverschil (en het topaandeel daarin) in Nederland groot is en sterk toegenomen is in recente jaren: "Het aandeel van de vermogenstop 10% in alle vermogens in 2013 bedraagt 66 procent, verreweg het hoogste niveau ooit bereikt met de beschikbare cijfers. Twee derde van alle vermogens is in handen van een tiende van alle huishoudens." De Gini-coëfficiënt zoals gepresenteerd door Salverda, is mede zo hoog omdat hier negatieve vermogens (hypotheken 'onder water') worden meegeteld in het totale vermogen (Figuur 10).

Figuur 10 Vermogensverdeling: top 10% aandeel en Gini-coëfficiënt netto-vermogensverdeling, 1993-2000 en 2006-2013.[72]



Bron: Salverda 2015.

72 Cijfers voor 2013 zijn voorlopig, in 2006 werd overgegaan op een andere meting.

Regionale aspecten van welvaartsverdeling

Ook de regionale verschillen in inkomens- en vermogensverdeling nemen toe.[73] Binnen Nederland zien we een sterke demografische en economische groei van de Randstad en vergrijzing en krimp in de perifere delen van Nederland die zich in de komende decennia voortzet (PBL 2013). Kasper et al. (2015) constateren dat er twee groepen provincies zijn, enerzijds perifere, vergrijzende provincies waaruit jongeren wegtrekken en waar de inkomens-ongelijkheid afneemt en de vermogensongelijkheid groeit. Daarnaast zijn er de vooral Randstedelijke provincies met een relatief jonge bevolking, waar inkomens- en vermogensongelijkheid groter worden (Kasper et al. 2015). Op wereldschaal zien we een nieuwe vorm van technologiegedreven accumulatie die inmiddels in Duitsland (naar aanleiding van de discussie over taxidienst Uber) bekendstaat als 'platformkapitalisme' (Lobo 2014; zie ook Hoofdstuk 2). Het feit dat Uber in enkele jaren gegroeid is naar een beurswaarde van € 41 miljard (MacMillan, Schechner & Fleisner 2014) en dat Apple inmiddels het grootste bedrijf ter wereld is met een waarde van meer dan € 700 miljard (NASDAQ 2015) illustreren dit; een enorme groei ten opzichte van 2013 toen het bedrijf nog $ 170 miljard waard was.

Welvaartsverdeling tussen generaties

Het lijkt erop dat generaties en afkomst weer belangrijker worden in de verdeling van welvaart. Het beeld van een tamelijk welvarende oudere generatie die de luxe heeft gekend van vaste banen en goede pensioenen contrasteert steeds meer met onzekerheid over werk, pensioenopbouw en de mogelijkheid een hypotheek te krijgen. Het SCP-rapport *Verschil in Nederland* (Vrooman, Gijsberts & Boelhouwer 2014) benadrukt overigens dat er geen sprake is van een *age war*, omdat de groepen daarvoor te heterogeen zijn. Afkomst lijkt weer belangrijker te worden in de kansen die mensen krijgen. Hoogopgeleiden trouwen steeds meer onderling en de afstand tussen maatschappelijke groepen wordt groter (Bovens et al. 2014). Internationaal maakt men zich vooral in de Verenigde Staten zorgen over die groeiende en bestendige ongelijkheid. Stiglitz (2012) schetst een beeld van een samenleving die steeds meer gepolariseerd raakt, omdat het impliciete sociale contract tussen de top en de rest *("We will provide you jobs and prosperity, and you will let us walk away with the bonuses")* heeft opgehouden te bestaan (Stiglitz 2012, p. 12). Een grote mate van ongelijkheid is volgens Stiglitz ook zeer nadelig voor de economische groei. Putnam (2015) schetst een somber beeld van de groeiende segregatie in de Verenigde Staten waarbij vooral de jongere generatie de wrange vruchten plukt van veertig jaar *"unprecedented growth in inequality in America"* (Putnam 2015, p. 36). Deze segregatie loopt niet alleen langs lijnen van opleiding en werk, maar resulteert ook in de ondermijning van

---

73 Een en ander is wel afhankelijk van het niveau van analyse: mondiaal gezien nemen de verschillen nog af door de sterke economische groei en de groei van de middenklasse in zeer grote landen als China, India en Brazilië (Milanovic 2012).

traditionele gezinsstructuren aan de onderkant van de maatschappij. Men spreekt al over de opkomst van een 'erfelijke meritocratie' waarbij sociale mobiliteit afneemt, en afkomst en familiekapitaal belangrijker worden voor opleiding en werk: *"As computing power has increased and clerical jobs have been automated, the distance between the shop floor and executive positions has increased. It was never common for people to start at the bottom and work their way to the top. Now it is close to impossible"* (*The Economist* 2015a). Stiglitz (2012) onderschrijft dat technologie belangrijk is in de groeiende polarisatie op de arbeidsmarkt, maar benadrukt dat deze bestendiging van de groeiende ongelijkheid niet onvermijdelijk is: investeringen in onderwijs, maar ook regulering van banken, belastingen, versterking van de positie van de vakbonden en het bevorderen van een groene economie zijn belangrijke maatregelen die de groeiende ongelijkheid kunnen keren.

Welzijn: de kwaliteit van arbeid

Vrooman, Gijsberts & Boelhouwer (2014, p. 323) stellen dat er in Nederland sprake is van "(…) een zekere fixatie op financiële verschillen [die past] bij een nationale traditie". En ze verwijzen naar "(…) de paradox dat in landen met relatief weinig ongelijkheid het debat over sociale verschillen vaak het felst is". Ze stellen verder dat het belangrijk is om breder te kijken dan alleen naar financiële verschillen. Bij vragen over verdeling van welvaart is het dus van belang om niet alleen te kijken naar uitkomsten in de vorm van inkomens- en vermogensverdeling, maar ook de vraag te stellen naar de manier waarop de kwaliteit van arbeid is verdeeld over verschillende groepen op de arbeidsmarkt en hoe toekomstperspectieven eruitzien in de zin van baan- en inkomenszekerheid.

Bij de discussie over baankwaliteit wordt sinds Piore (1972) het onderscheid gemaakt tussen de 'primaire' en de 'secundaire' arbeidsmarkt. De primaire arbeidsmarkt betreft veelal vaste banen waarvoor een formele opleiding vereist is en waar hoge salarissen worden betaald. De secundaire arbeidsmarkt omvat allerlei vormen van parttime, vaak tijdelijk werk aan de onderkant van de arbeidsmarkt, meestal in de dienstensector, verricht door laagopgeleiden of studenten. Hoewel vaak wordt aangenomen dat onder druk van globalisering en flexibilisering de kenmerken van secundaire arbeidsmarkten ook steeds meer gaan gelden in primaire arbeidsmarkten ('democratisering van arbeidsmarktrisico'), laten Dekker & Veen (2015) voor elf landen in Europa zien dat de verschillen tussen de 'insiders' met de goede banen en de 'outsiders' met de 'kruimelbanen' nog altijd aanzienlijk zijn.

In Nederland werken de meeste mensen (nog) in loondienst met een vast dienstverband, maar dat beeld lijkt snel te veranderen. Van de werkenden boven de 25 jaar heeft bijna 70 procent een vast dienstverband met een vast aantal uren, voor de jongeren onder de 25 jaar geldt dat maar voor een derde

(zie Figuur 9). Vooruitlopend op wijzigingen in het ontslagrecht per juli 2015 passen bedrijven ook hun beleid aan.[74]

Twee belangrijke veranderingen zijn de toename van flexibele arbeidscontracten en de toename van het aantal zelfstandigen zonder personeel (zzp'ers). Bij flexwerk gaat het om verschillende typen arrangementen. De bekendste varianten zijn: deeltijdwerk, uitzendkrachten, tijdelijke contracten, payrolling (overdracht van juridisch werkgeverschap aan een gespecialiseerd bedrijf) en nulurencontracten. De groepen werknemers die, al dan niet gedwongen, voor deze varianten kiezen, zijn vooral jongeren, ouderen, vrouwen en niet-westerse allochtonen. Tussen 1996 en 2010 is het aandeel zzp'ers in de werkzame beroepsbevolking gestegen van 6,2 procent naar 9,8 procent (bij mannen 11,6 procent en bij vrouwen 7,9 procent in 2010) (Bosch et al. 2012). Volgens de Enquête Beroepsbevolking (EBB) waren er eind 2014 1,1 miljoen zelfstandigen; het aantal zzp'ers bedroeg ruim 800.000 (CBS 2014b).[75] De verwachting van het CPB (2014) is dat het aantal zzp'ers bij ongewijzigd beleid op korte termijn toeneemt tot meer dan een miljoen personen.

De groep zelfstandigen lijkt veel diverser dan de groep flexwerkers die in loondienst is. Voor hoogopgeleide zzp'ers geldt dat het vaak *'happy workers'* zijn: de kwaliteit van het werk ligt hoog, en ze scoren bovengemiddeld op arbeidssatisfactie (SCP 2014). Voor lageropgeleiden en hen die gedwongen zelfstandig zijn, geldt dat veel minder.[76] Voor zelfstandigen is de werk-thuisbalans vaak een probleem, net als de onzekerheid over de toekomst, het soms lage aantal opdrachtgevers en vooral de hoge mate van onderverzekering voor werkloosheid, arbeidsongeschiktheid en pensioenopbouw (CPB 2014b). De vraag is wat de toename van het aantal flexwerkers en zelfstandigen betekent voor bestaande arrangementen op de woningmarkt (toegang tot hypotheken), het sociale stelsel en de pensioenen.

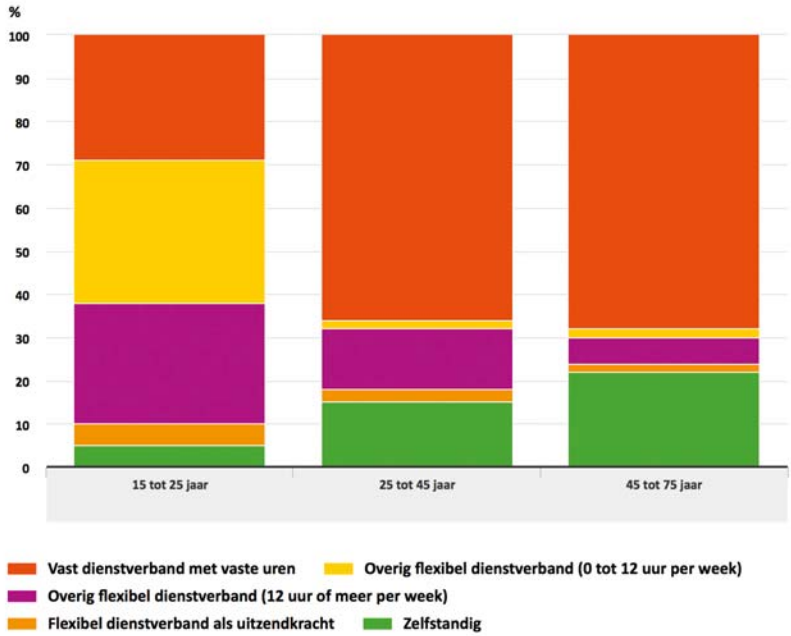
---

74 'Ook Nationale Nederlanden stuurt uitzendkrachten weg' kopte *de Volkskrant* op 22 april 2015. Het voorgenomen ontslag van 158 vaste medewerkers (en de mogelijke vervanging door flexwerkers) door bouwbedrijf Heijmans werd op 22 april 2015 door het UWV tegengehouden (Het Financieele Dagblad, 22 april 2015).

75 Het verschil wordt gevormd door zelfstandigen met personeel, meewerkende gezinsleden etc.

76 Interview Fabian Dekker.

Figuur 11 Positie in de werkkring naar leeftijd (2014).



Bron: CBS 2015.

Een andere blik op verschil in Nederland

Het Sociaal Cultureel Planbureau (Vrooman, Gijsberts & Boelhouwer 2014) hanteert een breder concept van verschillen tussen bevolkingsgroepen en onderscheidt naast 'economisch kapitaal' (waaronder inkomen, vermogen en opleiding), 'persoonskapitaal' (fysiek, mentaal en esthetisch), 'cultureel kapitaal' (o.a. taal en communicatie) en 'sociaal kapitaal' (relaties met andere mensen). Op basis van de som van deze verschillende kapitaalvormen ('totaalkapitaal') en statistische analyse zijn zes gescheiden sociale klassen geconstrueerd (van hoog naar laag):

- de gevestigde bovenlaag (15 procent van de bevolking)
- de jongere kansrijken (13 procent)
- de werkende middengroep (27 procent)
- de comfortabel gepensioneerden (17 procent)
- de onzekere werkenden (14 procent)
- het precariaat (15 procent)

De gevestigde bovenlaag en het precariaat (een groep die over de gehele linie achterblijft) kunnen gezien worden als sociale klassen, omdat ze steeds op alle kapitaalvormen dezelfde positie innemen en er sprake is van 'bekrachtigende factoren': sterke groepsidentificatie en sociale segregatie zijn daarvan voor-

beelden. De overige vier worden gezien als 'sociale segmenten' die wisselende posities op de verschillende kapitaalladders innemen. Deze vier segmenten hebben ook minder een eigen identiteit en laten geen bekrachtiging van de groepsverschillen zien. Er is dus geen simpele tweedeling, maar met vier groepen gaat het duidelijk beter dan met de onzekere werkenden en het precariaat. Het SCP concludeert dat het totaalbeeld een zachte tweedeling binnen zes bevolkingsgroepen laat zien, met twee sociale klassen aan de uiteinden en daartussenin vier herkenbare maatschappelijke segmenten.

6.3 De rol van technologie in de verdeling van welvaart: *winner takes all*?

Technologie kan op verschillende manier leiden tot meer of minder ongelijkheid in de verdeling van welvaart en welzijn. In de eerste plaats is technologie de basis voor nieuwe producten en diensten die zeer winstgevend kunnen zijn. Verder kan technologie leiden tot werkloosheid, maar ook tot het scheppen van nieuwe werkgelegenheid. Het gaat dan bijna altijd om andere banen en meestal om minder banen. Daarnaast kan technologie leiden tot groeiende verschillen tussen werkenden (Autor et al. 2003).

Technologische ontwikkeling heeft verschillende effecten op verschillende beroepen en typen banen. In de industriële revolutie zagen we dat hooggekwalificeerde ambachtslieden overbodig werden toen laaggeschoolde goedkope arbeiders in de textielindustrie werden ingezet (zie ook Hoofdstuk 2). Tegenwoordig is het eerder andersom. Brynjolfsson en McAfee (2011, p. 73) citeren de durfkapitalist Marc Andreesen: *"The spread of computers and the internet will put jobs in two categories: people who tell computers what to do, and people who are told by computers what to do."* Automatisering en IT zijn dus gunstig voor hoogopgeleiden (IT verhoogt namelijk hun productiviteit en biedt nieuwe mogelijkheden), tamelijk neutraal voor laagopgeleiden die locatiegebonden werk verrichten en pakt vooral slecht uit voor middenklassebanen in zowel de industrie als de dienstensector (zie ook Hoofdstuk 5). Een interessant onderzoek in dit verband is dat van Akerman et al. (2015). Uit dit onderzoek blijkt dat de aanleg van breedbandinternet de productie en lonen in Noorse bedrijven verhoogt. Maar in tweede instantie blijkt ook dat vooral de lonen van hoogopgeleiden toenemen (ze profiteren namelijk meer van snel internet in een baan waar ze op basis van complexe informatie beslissingen moeten nemen), maar die van laagopgeleiden afnemen (hun routinematig werk laat zich makkelijker automatiseren).[77] In ieder geval is nieuwe technologie, vooral in combinatie met offshoring, een belangrijke verklaring voor groeiende ongelijkheid en het feit dat de lonen onder druk staan: "(…) *at the same time*

77 Overigens kunnen lageropgeleiden uiteindelijk wellicht ook profiteren van de extra uitgaven die beter verdienende hogeropgeleiden gaan doen.

that labor-saving technological change has reduced the demand for many of the 'good' middle class blue-collar jobs, globalization has created a global market place, putting the same workers in direct competition with comparable workers abroad. Both factors depress wage" (Stiglitz 2012, p. 68).

Zoals ook in Hoofdstuk 2 al duidelijk werd, kan nieuwe (informatie)technologie het fundament vormen van de 'deeleconomie'. Daarbij gaat het meer om toegang dan bezit en om het delen van zaken als auto's, logeergelegenheid en gereedschap. Maar digitale diensten kenmerken zich ook door netwerkeffecten en de bijna afwezigheid van marginale kosten (Rifkin 2014). Die leiden ertoe dat diensten waardevoller worden (zowel voor de gebruiker als uiteraard voor de aanbieder) naarmate het aantal deelnemers groeit. Nieuwe aanbieders van diensten kunnen op die manier zeer snel, zeer succesvol worden *(first mover advantage)* en zich ontwikkelen tot nieuwe monopolies op basis van nieuwe platformen (Kreijveld et al. 2014). De extreme wereldwijde concentratie van vermogens in vooral Silicon Valley is daarvan een voorbeeld. Als gevolg van zeer beperkte regelgeving krijgen deze nieuwe monopolisten (de eerder aangehaalde *"silicon sultans and robber barons"* volgens *The Economist*) bijzonder weinig tegenspel.

6.4 Beleidsopties

IT en automatisering hebben vooral een negatieve impact gehad op middenklassebanen. In de toekomst zal dat versterkt worden door de brede toepassing van robots. Er is dus een reële kans dat de ongelijkheid toeneemt. Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat de baten van de digitalisering zo breed mogelijk gedeeld worden? De EU spreekt in dit verband (en met name ook als het gaat om het onderzoeksprogramma Horizon2020) over *'inclusive societies'*, waarin het terugdringen van sociale uitsluiting en ongelijkheid centraal staan (EC 2013). Aan de andere kant: hoe beperken we de negatieve effecten van de digitaliseringsrevolutie zo veel mogelijk?

Deze paragraaf bespreekt kort enkele globale opties voor beleid, steeds in relatie tot IT-technologie en de (arbeids)markt. Nader onderzoek is nodig om tot concrete beleidsaanbevelingen te komen. Meer generieke beleidsmaatregelen die de inkomens- en vermogensverdeling bepalen, zoals fiscaal beleid (belastingvrije sommen, tax credits, negatieve inkomstenbelasting, progressieve belastingen tegenover vlaktaks en basisinkomen), komen niet aan de orde. Ook maatregelen in de vermogenssfeer (vermogensrendementsheffing, *capital gains tax*, successierechten casu quo erfbelasting) blijven hier buiten beschouwing omdat zij op veel meer zaken betrekking hebben dan IT en arbeidsmarkt.[78]

---

78 Uit de media-analyse (zie Bijlage 6) blijkt dat zaken als het basisinkomen en andere generieke (fiscale) regelingen niet uitsluitend, maar wel in verband gebracht worden met IT en de impact op de arbeidsmarkt en daarom ook als zodanig genoemd worden als beleidsopties in artikelen over de impact van robotisering op de arbeidsmarkt.

Digitale kloof

De toekomst is digitaal en daarom is het van het grootste belang dat veel meer mensen hun brood kunnen verdienen in de digitale economie. Vroeger ging het in het concept digitale tweedeling vooral om toegang tot IT en media. Met Nederland als een van de landen waar de adoptie van internet zeer hoog ligt, zou het idee zijn dat er in Nederland geen digitale tweedeling meer zou bestaan: "De angst voor een digitale kloof bleek, in Nederland, in de loop van de jaren nul onterecht. Tegenwoordig hebben de meeste Nederlanders immers toegang tot het internet" (Bovens et al. 2014, p. 240). Echter, alleen toegang tot het internet is niet voldoende en de nadruk ligt steeds meer op het effectief kunnen gebruiken van IT en op het produceren van goederen en diensten en daarmee de kost kunnen verdienen (programmeren, 3D-printen et cetera) (zie ook Hoofdstuk 5). De Europese Commissie (2014) wijst in haar Digitale Agenda in dit verband op het feit dat 39 procent van de Europese werknemers te weinig digitale vaardigheden (e-skills) heeft. Ook is er een groeiend tekort aan IT-professionals dat in 2020 oploopt tot 900.000 in de EU. In het Europese beleid wordt daarom gepleit om veel sterker te investeren in de kennis en vaardigheden die nodig zijn voor de digitale tijd. Europa pakt dit onder meer op met het initiatief *eSkills for Jobs* dat ook in Nederland wordt uitgerold.[79] De ontwikkeling van e-skills in alle lagen van de bevolking in het onderwijs en bij werknemers in de bedrijven en met name ook aan de onderkant van de arbeidsmarkt is nodig om een proces van kenniscirculatie (WRR 2013) op gang te brengen.

Inclusieve technologie en innovatie

De huidige technologie is vooral complementair aan en daarom gunstig voor de positie van hoogopgeleiden. Technologie en automatisering maken het voor steeds meer mensen (vooral mensen met een lichte beperking) moeilijk om in de maatschappij te participeren (Woittiez et al. 2014). Zaken als digitaal bankieren, de OV-chipkaart en de online belastingaangifte blijken voor hen te ingewikkeld. Dat komt vaak omdat het belang van de aanbieder centraal staat in plaats van het belang van de gebruiker – de OV-chipkaart is daarvan een voorbeeld.[80] Technologie die laagopgeleiden ondersteunt in plaats van overbodig maakt, is dus zeer welkom. Inmiddels worden onder het motto 'inclusieve technologie' oplossingen ontwikkeld voor mensen met een beperking en heeft het Britse Nesta een *Inclusive Technology Prize* ingesteld.[81] Ook in het domein van de ontwikkelingssamenwerking is het begrip inclusive innovation inmiddels ingeburgerd: het gaat over kennisontwikkeling en innovatie ten behoeve van vooral arme bevolkingsgroepen (Mohnen & Stare

---

79 http://eskills4jobs.ec.europa.eu/

80 Illustratief is dat de Consumentenbond in 2014 2.400 klachten over de kaart ontving en dat er inmiddels wordt nagedacht over een speciale OV-pas voor toeristen om problemen weg te nemen. Zie http://www.consumentenbond.nl/actueel/nieuws/2014/nog-veel-te-veel-klachten-over-reizen-met-ov-chipkaart/ en https://fd.nl/economie-politiek/1098833/speciale-ov-kaart-voor-toeristen-moet-belemmeringen-wegnemen.

81 http://www.nesta.org.uk/project/inclusive-technology-prize

2013). Focus op empowerment, het centraal stellen van de gebruiker en gebruiksgemak, is essentieel. Onderzoek en technologieontwikkeling spelen hierbij een rol. De keuzes die gemaakt worden en de prioriteiten die gesteld worden vanuit publiek gefinancierd onderzoek kunnen een belangrijke versnelling geven aan de ontwikkeling van inclusieve technologie en innovatie.

Regulering van nieuwe platformen

Tien jaar geleden zou IT leiden tot een proces van *'disintermediation'*: het overbodig maken van tussenpersonen. En dat is deels ook gebeurd, zoals we aan de faillissementen bij reisbureaus kunnen zien (*The Economist* 2014). Toch leiden netwerkeffecten er snel toe dat digitale aanbieders zich ontwikkelen tot nieuwe *'men in the middle'*, nieuwe monopolies die een fors percentage (20-30 procent) van alle transacties eisen (App store, Uber, Booking.com). Op dit moment is regulering van deze nieuwe monopolies afwezig, deels omdat ze nieuw zijn en deels omdat ze hun marketing voeren in termen van de 'deeleconomie' dat vaak positieve connotaties oplevert. Inmiddels is in Europa een discussie gestart en stelt de Europese Commissie dat regulering nodig is om concurrentie te bevorderen en monopolievorming tegen te gaan. Ze stelt in dit verband een onderzoek in naar misbruik van marktmacht door Google (EC 2015). Ook diensten als Uberpop zijn op dit moment onderwerp van gerechtelijk onderzoek in een aantal landen.

Tegelijkertijd laat het spectaculaire succes van de nieuwe platformen zien dat het gaat om een radicaal nieuw businessmodel met een geheel nieuwe en universele innovatiedynamiek door volledige digitalisering, netwerkeffecten en de vrijwel afwezigheid van marginale kosten (Kreijveld et al. 2014; Rifkin 2014). Dat biedt ook kansen voor groei en innovatie; het is dus belangrijk om de kracht van platformen te benutten en hun macht te beteugelen (zie voor concrete beleidsaanbevelingen Kreijveld et al. 2014).

(Digitale) start-ups

Nieuwe digitale bedrijvigheid is een bron van economische groei en hoogwaardige werkgelegenheid. Start-ups en jonge bedrijven spelen daarin een hoofdrol (OESO 2014b). De wenselijkheid van een veel sterkere steun voor digitale start-ups wordt inmiddels erkend, getuige het initiatief Startup Delta met Neelie Kroes als boegbeeld.[82] Start-ups hebben specifieke steunmaatregelen nodig omdat ze, als ondernemingen die (nog) geen winst maken, geen baat hebben bij de verschillende fiscale regelingen in het innovatiebeleid zoals de R&D-aftrek, RDA-regeling en de Innovatiebox die belastingvermindering geven.

82 http://www.startupdelta.org/

Ook het bevorderen van kleinschalige initiatieven (ook door provinciale en lokale overheden) verdient volgens sommigen meer aandacht. Diensten als wehelpen.nl (een soort marktplaats waar hulpvraag en -aanbod van allerlei soorten bij elkaar wordt gebracht) en Carenzorgt.nl (voor allerlei vormen van mantelzorg) zijn goede voorbeelden. Er kan ook een rol zijn weggelegd voor lokale overheden ten aanzien van de online burenhulp platformen die in opkomst zijn (Busch 2014).

Arbeidsmarktbeleid

Digitalisering ligt mede aan de basis van een veel flexibeler arbeidsmarkt met een sterke toename van het aandeel flexwerkers en zzp'ers. Het huidige beleid zet kleine stapjes in het verschaffen van meer zekerheid aan die groeiende groep. Gezien de groeiende ongelijkheid in termen van contractvormen, vragen sommigen zich af of er niet veel radicalere innovaties nodig zijn. Zo heeft de OESO onderzoek gedaan naar het *single labour contract*. Daarin heeft iedereen hetzelfde contract, een soort nulurencontract, en bouwt iedereen vanaf de eerste werkdag (sociale en pensioen) rechten op (OESO 2013b). Of een dergelijk contract een oplossing biedt, hangt heel erg af van de bestaande instituties en structuren in een economie, en hoe bijvoorbeeld pensioenen geregeld zijn.[83]

Voorbij het arbeidsmarktbeleid gaan pleidooien als die van Freeman (2014) om werknemers een aandeel te geven in bedrijven die in technologie en robots investeren en daarmee arbeid overbodig maken. Freeman denkt dat overheden onvoldoende zullen herverdelen via belastingen en daarom ziet hij het bezit van kapitaal door werknemers als alternatief.

83 Interview Bas ter Weel.



3 Opbrengst – samenvatting, bevindingen en conclusies



7 De robotsamenleving als mobiliserend perspectief

Rinie van Est, Linda Kool & Frans Brom

> *"Technische ontwikkelingen en dus ook de chip moeten worden getoetst op haar gevolgen voor: het milieu, de manier van leven, de werkgelegenheid, de kwaliteit van het werk. (…) De invoering van technologische ontwikkelingen, dus ook die van de chip, dient steeds te worden getoetst aan door de maatschappij geformuleerde voorwaarden."*
> – Den Uyl (1979)

7.1 Inleiding

In opdracht van de vaste commissie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft het Rathenau Instituut onderzoek gedaan naar de wetenschappelijke stand van kennis rondom het effect van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid. De vaste commissie voor SZW formuleerde als centrale vraag: welke actuele[84] wetenschappelijke kennis bestaat er over de invloed van technologische ontwikkelingen op de werkgelegenheid?[85] De bijbehorende deelvragen luidden: welke relevante en actuele wetenschappelijke kennis is beschikbaar over:

1. de invloed van technologische ontwikkelingen (mechanisering, automatisering, et cetera) op de werkgelegenheid in het verleden?
2. De mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid?
3. De mogelijkheden om met beleid in te spelen op de toekomstige effecten op de werkgelegenheid, bijvoorbeeld door middel van scholing?

Met dit onderzoek brengen we de stand van zaken in kaart van de wetenschappelijke kennis over de complexe relatie tussen technologische ontwikkelingen en arbeid. Waar is wetenschappelijke consensus, waar dissensus en waar zijn kennislacunes? Kan de wetenschap zorgen voor een gedeelde kennisbasis onder het maatschappelijke en politieke debat?

84 In de afgelopen tien jaar.
85 Kamerstuk II 2014/205, 29 544, nr. 583. Brief van het presidium over arbeidsmarktbeleid.

Onze aanpak voor de beantwoording van deze vragen hebben we gestructureerd langs twee hoofdlijnen: 1) technologische ontwikkeling in historisch en maatschappelijk perspectief (lange termijn) en 2) de relatie tussen technologie en werkgelegenheid (het recente verleden en prognoses voor de toekomst). In paragraaf 7.2 vatten we de belangrijkste bevindingen uit de hoofdstukken samen voor het verleden (het lange termijn perspectief). In paragraaf 7.3 volgt de opbrengst vanuit het recente verleden. Paragraaf 7.4 zet de prognoses voor de toekomst op een rij. In paragraaf 7.5 komen we op basis daarvan tot drie globale richtingen voor toekomstig beleid. Zoals in de inleiding vermeld, vragen die opties om nadere reflectie en onderzoek om te komen tot concrete beleidsaanbevelingen op het gebied van IT en werkgelegenheid.

7.2 Verleden: lange termijnperspectief

Tweede machinetijdperk en het robotinternet

Vanuit techniekgeschiedenis wordt vaak gesproken over drie industriële revoluties: de introductie van stoom, elektriciteit en informatietechnologie (IT). In de discussie over technologie en arbeid is ook het onderscheid tussen het eerste en tweede machinetijdperk van belang, zoals blijkt uit Hoofdstuk 2. Het eerste machinetijdperk omvat de eerste en de tweede industriële revolutie. Het bestaat voornamelijk uit machines die spierkracht leveren. De derde industriële revolutie – de IT-revolutie – luidt het tweede machinetijdperk in, waarin machines ook denkkracht gaan leveren. Bij het nadenken over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid dienen we dus aandacht te hebben voor de technische kenmerken van de huidige IT-revolutie. Daarbij gaat het niet slechts om fysieke robots, maar ook technologieën als ‘softbots’, kunstmatige intelligentie, sensornetwerken en *data analytics*. Er is sprake van de opkomst van het *Internet of Robotic Things*, oftewel het robotinternet. Het internet wordt daardoor als het ware uitgebreid met zintuigen (sensoren) en handen en voeten (actuatoren), en dankzij machine leren en kunstmatige intelligentie wordt het internet ook ‘slim’. Het beheren en analyseren van grote hoeveelheden data speelt daarbij een centrale rol. Machines uit het eerste en tweede machinetijdperk bieden mogelijkheden om respectievelijk fysieke en cognitieve arbeid van mensen over te nemen. Of die mogelijkheden al dan niet benut kunnen worden, hangt echter af van de manier waarop productie en arbeid georganiseerd worden.

Van mechanisch naar digitaal Taylorisme

De continue zoektocht naar nieuwe vormen van organiseren wordt veelal gedreven door rationalisering, oftewel het streven naar meer efficiëntie en controle, onder meer over de arbeider (zie Hoofdstuk 2). In het eerste machinetijdperk werd vanaf 1910 aan de hand van het zogenaamde (mechanische) *Taylorisme* de ambachtelijke fabriek herontworpen tot ‘een grote efficiënte machine’. Dit gebeurde door arbeidsprocessen op te delen in simpele taken. Dit maakte het mogelijk om sommige fysieke taken te mechaniseren en later te

automatiseren. In het tweede machinetijdperk komt door de opkomst van IT vanaf 1980 ook de dienstensector in de greep van het (digitaal) *Taylorisme*. Waar mechanisch Taylorisme automatisering van fysiek werk mogelijk maakt, daar maakt digitaal Taylorisme automatisering van cognitieve arbeid mogelijk. Als gevolg is het ook mogelijk geworden om naast fysieke ook cognitieve taken te outsourcen, te offshoren of te automatiseren. Het denken over nieuwe en meer efficiëntere manieren van organiseren heeft vanaf 1995 door de opkomst van het internet een nieuwe impuls gekregen. Het internet versterkt de internationalisering, flexibilisering en platformisering van arbeid. We zien de opkomst van de virtuele netwerkorganisatie die de *on-demand* toegang tot betaalde en onbetaalde arbeid probeert te optimaliseren. Dit gedachtengoed ligt bijvoorbeeld ten grondslag aan de wijze waarop Uber gebruik maakt van chauffeurs.

Lessen uit het Nederlandse verleden
Nederland heeft in het verleden kunnen profiteren van de drie genoemde industriële revoluties. Dat vereiste echter een vooruitziende blik en een actief aanpassingsproces dat vaak niet zonder slag of stoot verliep (zie Hoofdstuk 3). De overheid speelde steeds een belangrijke rol bij de introductie van nieuwe technologieën door het scheppen van de juiste voorwaarden. Daarbij gaat het enerzijds om het stimuleren van innovatie door te investeren in fysieke en kennisinfrastructuur (zoals kennisinstituten en scholing). Aanleg van een goed transportsysteem (kanalen, spoorwegen en verharde wegen) in de eerste helft van de negentiende eeuw legde de basis voor het gebruik van kolen en stoommachines en daardoor de groei van bijvoorbeeld de textielindustrie in Twente in de tweede helft van de negentiende eeuw. Het landelijk dekkend maken van het elektriciteitsnetwerk zorgde ervoor dat met name het MKB kon profiteren van de mogelijkheden van de tweede industriële revolutie. Anderzijds speelde de overheid een centrale rol bij het reguleren van nieuwe praktijken, het tegengaan van uitwassen en het verdelen van de welvaart. Denk bijvoorbeeld aan sociale wetgeving, zoals de Kinderwet van Van Houten uit 1874, de eerste leerplichtwet uit 1901 en de bijstandswet uit de jaren zestig.

7.3 Recent verleden

In de discussie over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid spelen twee tegengestelde visies een rol. In de ene visie leidt innovatie tot economische groei, banengroei en een acceptabele verdeling van de welvaart. Technologische innovatie leidt zo tot hogere arbeidsproductiviteit en goedkopere producten, dat op haar beurt weer tot een hogere consumptie en dus tot een groei van de markt en meer banen en welvaart leidt. De andere visie houdt in dat verhoging van de arbeidsproductiviteit door innovatie (door arbeidsbesparende technologie) juist leidt tot minder werk, daardoor tot een lagere koopkracht en consumptie, en zo krimpende winsten en markten en een krimpende welvaart. De aannames achter de twee bovengenoemde visies

leveren de volgende subvragen op: wat is er binnen de wetenschap bekend over de relatie tussen de IT-revolutie en productiviteit, tussen IT en baanverlies en -creatie, en hoe beïnvloedt IT onze welvaart? In deze paragraaf vatten we de opbrengsten van de hoofdstukken van deze subvragen samen. Per subvraag komt naar voren waar – op hoofdlijnen – wetenschappelijke consensus bestaat.[86]

Impact van IT op (arbeids)productiviteit

De relatie tussen economische groei en productiviteitsgroei, en de rol van IT, is complex en wordt door vele factoren beïnvloed (Hoofdstuk 4). De IT-revolutie zorgde voor grote veranderingen in het productie- en arbeidsproces, al was aanvankelijk onduidelijk of en waar die investeringen (met name in de dienstensector) terug waren te zien in de productiviteitscijfers. Met de groeiende aandacht in de wetenschap voor het meten van de bijdragen van IT aan productiviteit en productiviteitsgroei, is duidelijk geworden dat IT de afgelopen twintig jaar een belangrijke bijdrage heeft geleverd aan productiviteitsgroei.

Wat betreft automatisering en robotisering en hun impact op banen en economische groei is er van oudsher consensus onder economen dat technologische groei op de zeer korte termijn ten koste gaat van banen, maar dat dit binnen één tot twee jaar weer betrekkelijk snel voor nieuwe banen zorgt. Dat gebeurt via zogenaamde tweede orde-effecten waarbij de besparingen die door productiviteitsgroei worden bewerkstelligd, weer terugvloeien in de economie. Sinds 2010 begint deze consensus af te brokkelen, niet alleen bij criticasters als Brynjolfsson & McAfee (2014), maar ook bij bekende economen als Krugman (2014) en Summers (2014). De afbrokkelende consensus is enerzijds gebaseerd op feiten - wetenschappelijke observaties over werkgelegenheidscreatie op korte, middellange en langere termijn – en anderzijds op een veranderende perspectieven de onderliggende economische dynamieken (zie bijvoorbeeld verschillende 'diagnoses' van huidige economische problemen van Gordon (2012), Brynjolfsson & McAfee (2014), Cowan (2010), Krugman (2014), Summers (2014) en Rifkin (2014) (zie Hoofdstuk 4 en paragraaf 7.4).

IT en baanpolarisatie

Hoewel de arbeidsmarkt wordt beïnvloed door vele factoren, waaronder de ontwikkeling van de beroepsbevolking, is de impact van automatisering sinds de jaren tachtig terug te zien in de samenstelling van de arbeidsmarkt. Automatisering heeft geleid tot baanpolarisatie, zo werd duidelijk in Hoofdstuk 5. De vraag naar middelbaar geschoold werk neemt af, terwijl de vraag naar (vooral) hoog- en laaggeschoold werk stijgt. In vorige technologische revoluties werd vooral laaggeschoold, fysieke arbeid getroffen door mechanisering

---

86 Dat wil niet zeggen dat er geen discussie bestaat over meetmethoden, beschikbare data en de resultaten over deze onderwerpen.

en automatisering. Nu nemen computers cognitief routinewerk over zoals administratief werk, het maken van berekeningen, boekhouden, het bewaken van processen of het beoordelen van producten. Dat is ook een gevolg van het digitaal Taylorisme: het opnieuw doordenken van arbeidsprocessen en het kunnen opknippen van werk in deeltaken die te outsourcen, offshoren of te automatiseren zijn. Ook offshoring – op haar beurt weer mogelijk gemaakt door IT – speelt dus een rol bij baanpolarisatie. Offshoring kan worden gezien als een eerste stap richting codificatie en automatisering van taken. Als je werk kunt codificeren (in regels te vangen is, zoals het script van een telemarketeer in een callcenter), kun je het goed verplaatsen en automatiseren. Inmiddels wordt duidelijk dat zowel hoog- als laagopgeleid werk niet 'immuun' is voor baanpolarisatie: automatisering kan alle opleidingsniveaus treffen.

IT en welvaart

Hoofdstuk 6 ging in op hoe IT onze welvaart beïnvloedt, of scherper gezegd, hoe IT onze mogelijkheden tot inkomens- en vermogensverwerving beïnvloedt. IT zorgt voor veranderingen op talrijke fronten in onze economie. Zo kunnen IT-investeringen leiden tot veranderingen in werkgelegenheid, in lonen, maar ook tot lagere productiekosten en daarmee goedkopere producten. Daarnaast kan de productiecapaciteit die vrij komt door arbeidsbesparende IT en ook (een deel van) het inkomen dat met IT wordt gegenereerd worden aangewend in andere segmenten van de economie (de zogenaamde tweede orde-effecten, zie Hoofdstuk 4) waarmee de algehele welvaart op een hoger plan kan worden getild.

In veel landen lijkt het aandeel van arbeid in het nationaal inkomen te dalen ten koste van de beloning van kapitaal. Daarbij speelt technologie een rol: technologie maakt nieuwe investeringen mogelijk die niet alleen winstgevend zijn, maar ook arbeid door kapitaal vervangen, en van invloed zijn op globalisering (toenemende concurrentie met lagelonenlanden). Daarnaast spelen de tanende macht van vakbonden en de toenemende liberalisering van de arbeidsmarkt een rol. Hoewel het aandeel van arbeid in het nationaal inkomen in Nederland in vergelijking met andere landen relatief hoog ligt (rond 80 procent), daalt ook in Nederland het aandeel van arbeid.[87]

Er wordt discussie gevoerd over de ontwikkeling van de inkomens- en vermogensverdeling in Nederland. Hoewel de Gini-coëfficiënt – een belangrijke maatstaf om de inkomensverdeling te meten – voor Nederland al enkele decennia stabiel is, verschaft deze geen inzicht in de verdeling tussen boven- en onderkant van de bevolking, en mogelijk is juist daar meer dynamiek. In Nederland zijn – net als in andere landen – de vermogens veel ongelijker verdeeld dan de inkomens (Bavel 2014), maar zorgen veranderende manieren

87 Al maakt het uit over welke periode wordt gekeken (zie Hoofdstuk 6).

van registreren voor ontbrekende en onbetrouwbare gegevens over Nederland. Ook hier bestaan vermoedens dat de dynamiek vooral bij de armste (toenemende schulden) en de rijkste (groeiende vermogens) huishoudens zit.

Op wereldschaal zien we een nieuwe vorm van technologiegedreven accumulatie die inmiddels in Duitsland naar aanleiding van de discussie over taxidienst Uber bekendstaat als ‘platformkapitalisme’ (Lobo 2014).

Naast deze materiële ongelijkheid, is de impact van IT op baanzekerheid van belang. De verschillen tussen vaste banen tegen hoge(re) salarissen) en tijdelijke banen tegen een lage(re) vergoeding) zijn hardnekkig (Dekker & Veen 2015). In Nederland werken de meeste mensen in loondienst, maar het aantal werknemers met een flexibele contractvorm, en het aantal zzp’ers neemt toe. Deze groepen flexwerkers genieten minder bescherming dan werknemers met een vast contract wat leidt tot een discussie over de vraag hoe de verschillen in bescherming tussen beide groepen (vast en flexibel) verkleind kunnen worden.

IT heeft dus verschillende effecten op verschillende beroepen en typen banen: het is vooral gunstig voor hoogopgeleiden, tamelijk neutraal voor laagopgeleiden die locatiegebonden werk verrichten en zet vooral middenklassebanen in zowel de industrie als de dienstensector onder druk. IT is, vooral in combinatie met offshoring, een belangrijke verklaring voor groeiende ongelijkheid en het feit dat de lonen onder druk staan.

Samenvattend

Hoewel directe verbanden tussen technologische innovatie, productiviteitsgroei, banengroei en welvaartsverdeling – en de vraag of IT zorgt voor een positieve of negatieve spiraal – moeilijk te leggen zijn, laten de hoofdstukken onderwerpen zien waarover binnen de wetenschap op hoofdlijnen consensus is.[88] In het eerste machinetijdperk (1800-1980) is het beeld geweest dat technologie banen vernietigt, maar al tamelijk snel voor nieuwe banen in nieuwe sectoren zorgt. Vooral laaggeschoold, fysieke arbeid werd getroffen door mechanisering en automatisering. Technologie was skill upgrading: het vroeg van iedereen om nieuwe vaardigheden en door investeringen in het onderwijs werd de ‘race tussen technologie en onderwijs’ steeds door onderwijs gewonnen. In het tweede machinetijdperk (vanaf 1980) treft automatisering ook middelgeschoold werk. Verschillende groepen op de arbeidsmarkt worden verschillend getroffen door IT; tot nu toe profiteerden hogeropgeleiden vooral van nieuwe technologie. Ongelijkheid bestaat niet alleen uit inkomens- en vermogensverdeling, maar ook uit verschillen in baanzekerheid; ook deze vorm van ongelijkheid neemt sinds het tweede machinetijdperk toe.

---

88 Dat wil niet zeggen dat er geen discussie bestaat over meetmethoden, beschikbare data en de resultaten.

7.4 Prognoses voor de nabije toekomst

De tweede onderzoeksvraag is: wat zijn de mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid? De toekomst is fundamenteel ongekend: die toekomst moet nog gemaakt worden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat over de toekomst verschillende visies, of speculaties bestaan, die elkaar dikwijls tegenspreken. De toekomst is immers 'dataloos'. Dat wil niet zeggen dat het geen zin heeft om kennis te nemen van verschillende visies. We kunnen ze zien als interessante (soms extreme) scenario's die de samenleving kunnen helpen mede vorm te geven aan de robotsamenleving van de toekomst.

Uit de voorgaande hoofdstukken kunnen we ten minste één belangrijke les trekken: het huidige internationale robotdebat moet niet alleen gaan over de substitutie van arbeid door technologie zoals Frey & Osborne in hun studie doen. Zij voorspellen dat de komende twintig jaar bijna de helft van het huidige aantal banen in Amerika mogelijk door computers of robots zullen worden overgenomen.[89] Voor een goed debat is het van belang om, naast IT als middel om banen te automatiseren, ook oog te hebben voor:

- economische, maatschappelijke, ethische en juridische aspecten die een rol spelen bij de wijze waarop IT arbeid beïnvloedt;
- de rol van IT bij het creëren van nieuwe banen;
- de wijze waarop IT de organisatie van arbeid verandert;
- de wijze waarop IT de welvaartsverdeling mede bepaalt.

Onze beknopte media-analyse aangaande robotisering en werkgelegenheid laat zien dat de laatste twee thema's nog maar weinig aan bod komen in het publieke debat (zie Bijlage 6). Ongeveer de helft van de onderzochte artikelen (44 van 82) gaan over de vraag of robots zullen leiden tot meer of minder banen.[90] Slechts 8 van de 82 artikelen zeggen iets over IT en de samenleving en 7 van de 82 artikelen zeggen iets over de wijze waarop IT de organisatie van arbeid verandert.

Maatschappelijke context van IT
De vraag in hoeverre IT menselijke taken gaat vervangen, hangt niet alleen af van technologische mogelijkheden. Allerlei economische, maatschappelijke, ethische en juridische aspecten kunnen daarbij een cruciale rol spelen

89 Hun aanpak geeft voor de Nederlandse arbeidsmarkt ruwweg hetzelfde beeld (Deloitte 2014). Hun studie biedt waardevolle inzichten over 1) de mogelijkheden van automatisering, 2) welke sectoren en beroepen geraakt kunnen worden, en 3) dat ook hooggeschoolde beroepen kwetsbaar zijn voor automatisering.

90 Het is niet onlogisch dat meerderheid van deze artikelen hierop ingaat, aangezien de artikelen geselecteerd zijn op basis van het onderwerp: robots en arbeid.

(Royakkers et al. 2012). Het gaat daarbij om vragen als: is de technologie rendabeler dan menselijke arbeid? Dit hangt logischerwijze af van de kosten van digitale versus menselijke arbeid. Ook ethische kwesties spelen een rol: welke inzet van machines vinden we moraal acceptabel? Machines die vuil, zwaar, gevaarlijk of precisiewerk doen, lijken we als samenleving te omarmen – al is ook deze transitie voor sommigen pijnlijk; de inzet van *killer robots* (automatische, bewapende drones), maar ook bijvoorbeeld robots in de zorg, lijkt gevoeliger te liggen.

De overheid speelt een belangrijke dubbelrol bij innovatie. Overheden hebben historisch gezien altijd een belangrijke stimulerende rol gespeeld bij de ontwikkeling van generieke technologieën, zoals het internet en nanotechnologie, en het creëren van nieuwe markten (Mazzucato 2011; zie ook Hoofdstuk 3). Daarnaast speelt de overheid een centrale rol bij de verantwoorde inbedding van nieuwe technologie in de samenleving. In hoeverre gaat bijvoorbeeld regelgeving postbezorging via drones op een verantwoorde manier mogelijk of onmogelijk maken? Regelgeving kan bepaalde innovaties tegenhouden, maar is vaak ook nodig om in gewenste innovaties te voorzien.

IT als banenmotor?

De vraag in hoeverre IT zal bijdragen aan het creëren van nieuwe banen is om twee redenen lastiger te beantwoorden dan de vraag welke banen verdwijnen, waar Frey & Osborne (2013) zich op richten. Ten eerste start de vraag van Frey & Osborne bij de bestaande en bekende banenpool. Bij het nadenken over baancreatie is dat maar ten dele het geval. Enerzijds kan baancreatie plaatsvinden door uitbreiding van bestaande banen (bijvoorbeeld in de zorg) of doordat bedrijven bestaande activiteiten terughalen uit andere landen (reshoring).[91] Anderzijds gaat het bij baancreatie ook om nieuwe banen in nieuwe sectoren die nu nog niet bestaan (of net ontstaan) en waar nog onvoldoende zicht op is.

Ten tweede hangt baancreatie ook nauw samen met complexe macro-economische dynamieken – onder meer aangaande productiviteitsgroei en welvaartsverdeling (zie ook paragraaf 7.3 en Hoofdstuk 4). Hierboven is reeds aangegeven dat de consensus over het inzicht dat technologie weliswaar banen vernietigt, maar binnen een tot twee jaar via tweede orde-effecten zorgt voor nieuwe banen, sinds 2010 afbrokkelt. Diverse economen (bijvoorbeeld Miller & Atkinson 2013) gaan ervan uit dat deze historische dynamiek nog steeds geldt. Anderen hebben zorgen over de mate waarin de banengroei (vanuit verschillende opvattingen over de economie) tot stand gaat komen. Zo wijst Summers (2014) op het achterblijven van de consumentenvraag. Als dit

91 Het directe effect van reshoring op de werkgelegenheid is mogelijk gering omdat het hier gaat om sterk geautomatiseerde processen. Het indirecte effect van reshoring bij het creëren van werk op aanpalende gebieden, zoals R&D, logistiek en verkoop, is wellicht relevanter.

tweede orde-effect dit keer achterblijft dan zet dat banengroei onder druk en ook technologische innovatie. Gordon legt de nadruk op de aanbodkant van de economie en benoemt diverse structurele tegenkrachten, zoals demografische ontwikkelingen (vergrijzing), toenemende inkomensongelijkheid, globalisering, ontwikkeling onderwijsniveau, milieulasten en schuldenlast. Brynjolfsson & McAfee (2014) zien de creatie van nieuwe banen ook als een teer punt. Ze vragen zich met name af of de groei van banen het verlies van banen door automatisering bij kan houden.

Daarnaast wordt gesproken over exponentiële groei van technologie. Dat levert tal van spectaculaire, maar tevens speculatieve toekomstscenario's op. Diamandis & Kotler (2012) voorzien bijvoorbeeld een toekomst waarin alles in overvloed aanwezig is. Rifkin (2014) denkt dat de opkomst van het Internet der Dingen zal leiden tot een zero marginal cost society waarin arbeid en goederen sterk gedemocratiseerd zullen zijn (collaborative commons). Anderen zijn van mening dat de snelheid van technologische ontwikkelingen – evenals de mogelijkheden van technologie om menselijk werk over te nemen – worden overschat (zie bijvoorbeeld Miller & Atkinson 2013).

Los van het netto-effect op de werkgelegenheid, is de vraag waar toekomstig werk uit zal bestaan van belang (zie Hoofdstuk 5). Automatisering kan alle opleidingsniveaus treffen, maar de verwachting is dat de komende jaren de volgende taken nog zeer lastig in computertaal te codificeren zullen zijn: 1) oplossen van ongestructureerde problemen, 2) werken met nieuwe informatie, en 3) uitvoeren van niet-routineus fysiek werk (Levy & Murnane 2013). In deze taken zal de mens samenwerken met de computer; zij zullen elkaar zo veel mogelijk aanvullen (denk aan een dokter die geholpen wordt door een softwareprogramma bij het stellen van een diagnose). Er zijn verschillende samenwerkingsvormen denkbaar, bijvoorbeeld een vorm waarbij de mens de machine instrueert, tot aan gelijkwaardige vormen van samenwerking ('de robot als collega') (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014). Daarnaast is de verwachting dat werk met een persoonlijke component (deels) zal blijven (Levy & Murnane 2013; Bainbridge 2015; Blinder 2006).

Impact van IT op de organisatie van arbeid

Frey & Osborne (2013) kijken vooral naar hoe IT arbeid automatiseert. Ze kijken naar welke handelingen codificeerbaar zijn, dat wil zeggen, in computerregels te vatten. Maar Hoofdstuk 2 laat zien dat IT ook de organisatie van arbeid beïnvloedt: de reorganisatie van het productieproces (of bedrijfsproces) maakt digitaliseren van handelingen mogelijk. In het kort kunnen we zeggen dat IT niet alleen automatisering van arbeid mogelijk maakt, maar ook globalisering, flexibilisering en platformisering van arbeid faciliteert. Het zijn dus ook de organisatieprincipes achter de IT-revolutie – zoals het mechanisch en digitaal Taylorisme – die zorgen voor een arbeidsorganisatie die het daadwerkelijk mogelijk maakt om via IT arbeid te automatiseren.

Impact IT op welvaart

IT en automatisering hebben vooral een negatieve impact gehad op middenklassebanen (baanpolarisatie). Dit effect kan in de toekomst worden versterkt door de groeiende toepassing van automatisering en robots – waardoor ongelijkheid verder kan toenemen. Hoewel ook hoogopgeleiden niet immuun zijn voor automatisering, zoals hierboven genoemd, pakt automatisering vooralsnog met name gunstig uit voor deze groep. [92] Een interessant onderzoek in dit verband is dat van Akerman et al. (2015). Uit dit onderzoek blijkt dat de aanleg van breedbandinternet de productie en lonen in Noorse bedrijven verhoogt. Maar in tweede instantie blijkt dat vooral de lonen van hoogopgeleiden toenemen (ze profiteren namelijk meer van snel internet in een baan waar ze op basis van complexe informatie beslissingen moeten nemen), terwijl de lonen van laagopgeleiden afnemen (hun routinematig werk laat zich makkelijker automatiseren).[93] Technologie verhoogt dus de productiviteit van hogeropgeleiden en biedt hun nieuwe mogelijkheden (zie Hoofdstuk 6). Ook beschikken zij vaker over generieke vaardigheden die van belang worden geacht bij het verwerven van een goede sociaal-economische positie (CPB 2014a).

De opkomst van platformen laat zien dat aanbieders van deze diensten in korte tijd zeer succesvol kunnen worden en zich kunnen ontwikkelen tot nieuwe monopolies (Kreijveld et al. 2014). De extreme wereldwijde concentratie van vermogens in vooral Silicon Valley is daarvan een voorbeeld. Als gevolg van zeer beperkte regelgeving krijgen deze nieuwe monopolisten – de *"silicon sultans and robber barons"* volgens *The Economist* (2015) – bijzonder weinig tegenspel. Stiglitz (2012) onderschrijft dat technologie bijdraagt aan de groeiende polarisatie op de arbeidsmarkt, maar benadrukt dat deze bestendiging van de groeiende ongelijkheid niet onvermijdelijk is: investeringen in onderwijs, maar ook regulering van banken, belastingen, versterking van de positie van de vakbonden en het bevorderen van een groene economie noemt hij als belangrijke maatregelen die de groeiende ongelijkheid kunnen keren. Ook is er discussie over het toenemend aantal flexwerkers (onder andere mogelijk gemaakt door digitalisering) en het verschil in bescherming tussen werknemers met of zonder vast contract.

Samenvattend: naar een breed perspectief op technologie en arbeid

Wat betekent bovenstaande voor het antwoord op de vraag: wat zijn de mogelijke effecten van technologische ontwikkelingen op de toekomstige werkgelegenheid? Onze studie toont dat de invloed van IT op arbeid gelaagd

92 Dat wil niet zeggen dat laagopgeleiden kunnen worden aangemerkt als 'de verliezers van de modernisering', in termen van kwaliteit van bestaan (werk, gezondheid, levenstevredenheid) (Elchardus 2013).

93 Overigens kunnen lageropgeleiden uiteindelijk wellicht ook profiteren van de extra uitgaven die beter verdienende hogeropgeleiden gaan doen.

is en goeddeels lastig te voorspellen. Allenby & Sarewitz (2011) spreken in dit verband over drie niveaus van technologische invloed. Het eerste niveau betreft de 'directe' effecten van technologie: in dit geval het verdwijnen van bestaande banen door automatisering. Dit effect krijgt in het huidige debat veel aandacht. Het tweede niveau gaat over het grotere 'socio-technische' systeem (praktijken, instituties, sociale en culturele patronen) waar specifieke technieken onderdeel van uitmaken die mede de impact van technologie bepalen. Denk bijvoorbeeld aan de opkomst van platformen (zoals Airbnb of Uber) die door IT mogelijk zijn geworden en die kapitaal- en arbeidsbesparend zijn. Het derde niveau betreft een mondiale, transformerende invloed: zoals de doorbraak van het internet midden jaren negentig, verlaging van kosten van internationaal zakendoen en de vorming van mondiale waardeketens. Voor de komende jaren wordt een verdere verdienstelijking van de industrie voorzien.

IT heeft dus een zeer gelaagde en diverse invloed op arbeid. IT maakt automatisering van bestaande banen mogelijk, maar heeft ook op een complexe wijze invloed op de manier waarop praktijken van arbeid en mondiale waardeketens vorm krijgen. Beleidsmakers en politici worden uitgedaagd om op een tijdige en intelligente wijze in te spelen op deze gehele met IT samenhangende set aan ontwikkelingen.

7.5 Beleidsopties

In deze paragraaf gaan we in op deelvraag 3 van de commissie van SZW: welke relevante en actuele wetenschappelijke kennis is beschikbaar over de mogelijkheden om met beleid in te spelen op de toekomstige effecten op de werkgelegenheid, bijvoorbeeld door middel van scholing? We bespreken drie centrale beleidsopties waarin we voortbouwen en verwijzen naar de inzichten van de verschillende hoofdstukken. Het gaat hier om globale beleids*richtingen* die niet zijn onderzocht op hun mogelijke werking (impact), bijvoorbeeld in de huidige context, of voor Nederland. Zoals eerder vermeld, is nadere analyse nodig om tot concrete beleids*aanbevelingen* te komen.

De robotsamenleving als wenkend perspectief
De huidige maatschappelijke discussie over IT en werkgelegenheid doet terugdenken aan de jaren zeventig. Ook in die tijd was er sprake van een economische recessie en ook toen groeide de zorg over banenverlies als gevolg van automatisering. Die zorgen waren aanleiding voor publieke discussie en nader onderzoek. De commissie Rathenau werd onder andere ingesteld om naar de maatschappelijke gevolgen van de micro-elektronica te kijken.

Achteraf gezien is die periode van onrust, debat en onderzoek van cruciaal belang geweest om bewustzijn te creëren over het maatschappelijk belang van de IT-revolutie die in een nieuwe fase was gekomen: een transitie van de 'grote' mainframe computer naar de 'kleine' personal computer. Het debat dat

begon bij de vraag wat 'kleine' computers voor arbeid zouden beteken, verbreedde zich tot de vraag hoe de computersamenleving eruit zou moeten zien. Zo ontstond het mobiliserende begrip 'informatiemaatschappij'. Dit begrip werd vervolgens bewust ingezet "om in allerlei geledingen van de samenleving financiën en energie vrij te maken om computers te gaan toepassen" (Bogaard et al. 2008, p. 241).

Het gevoel neemt toe dat onze technologische samenleving weer een nieuwe fase ingaat. Het afgelopen decennium hebben we de snelle opmars van het internet en de sociale media meegemaakt. Enerzijds ervaren we de fantastische nieuwe mogelijkheden die het internet ons biedt; van elektronisch winkelen tot muziek *streamen*. Anderzijds dringt het besef door dat de baten van IT zeker niet voor iedereen gelijk verdeeld zijn. Het plaatje is divers: digitalisering staat de zelfredzaamheid van licht verstandelijk gehandicapte mensen vaak in de weg (Woittiez et al. 2014), zorgt voor de automatisering van veel middelgeschoolde banen, biedt hoogopgeleiden de mogelijkheid hun maatschappelijke positie te verbeteren, en 'winner takes all-markten' spelen een rol bij de opkomst van een nieuwe groep extreem rijke ondernemers. Het is onduidelijk wat deze veranderende effecten op diverse groepen zullen hebben, bijvoorbeeld met betrekking tot de ontwikkeling van de koopkracht. Op dit moment worden we op allerlei wijzen geconfronteerd met nieuwe technologische mogelijkheden: van kunstmatige intelligentie en robots in de zorg tot zelfrijdende auto's, sensornetwerken, big data, 3D-printen, drones enzovoorts. Deze brede ontwikkeling wordt gevangen in termen als Internet der Dingen en *Internet of Robotic Things*. De grote vraag is nu: hoe gaan we als samenleving om met deze nieuwe fase in de IT-revolutie?

De geschiedenis biedt zicht op de beantwoording van die vraag. Technologie overkomt ons namelijk niet, maar krijgt vorm in allerlei praktijken. Ons antwoord op de industriële revolutie was de vorming van een industriële samenleving, die mogelijk werd gemaakt door de juiste technologische en kennisinfrastructuur, maar ook door allerlei sociale wetgeving (zie Hoofdstuk 3). Ons antwoord op de opkomst van de computer was de informatiesamenleving (zie hierboven). Het antwoord op de opkomst van robotica en het robotinternet kan dus zoiets zijn als de 'robotsamenleving'. Robotsamenleving staat nadrukkelijk tussen aanhalingstekens omdat het een concept is dat waargemaakt moet worden; het is zogezegd een mobiliserend perspectief. Het is van belang dat Nederland in den brede – van burgers, politici, onderwijzers en ondernemers tot mensen uit de maak- en creatieve tot de dienstensector – kennismaakt met de nieuwe technologische opties en visies op het gebied van IT, zodat we in staat worden gesteld om deze mogelijkheden vanuit onze eigen wensen en zorgen toe te eigenen. Het vraagt actief beleid om op veel plaatsen in de samenleving vorm te geven aan een 'robotsamenleving', zodat deze voor alle Nederlanders een wenkend perspectief kan vormen.

Hoewel de toekomst ongekend is, ontstaan uit dit rapport wel verschillende contouren over mogelijke handelingsperspectieven van overheden.[94] Deels zijn dit 'vertrouwde' onderwerpen, zoals investeren in onderwijs of investeren in technologie ten behoeve van economische groei, en deels krijgen ze door de specifieke kenmerken van de 'robotsamenleving' een eigen dynamiek en karakter: denk bijvoorbeeld aan het reguleren van de monopolies die door platformen ontstaan, of het investeren in 'inclusieve technologie' (zie onder). In onderstaande paragrafen bespreken we drie centrale beleidsopties waarin we voortbouwen en verwijzen naar de inzichten van de verschillende hoofdstukken: maatschappelijk verantwoorde innovatie, scholing en welvaart.

Maatschappelijk verantwoorde innovatie
Het historisch perspectief (Hoofdstuk 3) laat zien dat vroegtijdig investeren in fysieke infrastructuur en de opbouw van een adequate kennisinfrastructuur essentieel is om de vruchten te plukken van nieuwe opkomende generieke technologieën. Elk tijdperk stelt daar zijn eigen eisen aan. Zo investeerde de overheid tijdens de eerste industriële revolutie in samenwerking met marktpartijen, ondanks de slechte staat van de nationale overheidsfinanciën, flink in transportsystemen, zoals verharde straatwegen, kanalen en spoorwegen. Dit faciliteerde in de tweede helft van de negentiende eeuw bijvoorbeeld de modernisering van de textielindustrie in Twente. Ook de bijbehorende kennisinfrastructuur kwam tot wasdom: ingenieursopleidingen en de ingenieursvereniging werden opgericht.

In de tweede industriële revolutie was de totstandkoming van een degelijk elektriciteitsnetwerk cruciaal. Daarbij speelden eerst particuliere ondernemers en gemeenten een rol en later provinciale en nationale overheden. In het huidige informatietijdperk ging het in de jaren vijftig van de vorige eeuw aanvankelijk om de inzet van computers voor bijvoorbeeld administratieve automatisering bij verzekeraars. Ook ontstonden in die tijd de eerste beroepsverenigingen op het gebied van automatisering. In de loop van de jaren zeventig en tachtig, wanneer de PC in beeld komt, gaat het wat betreft kennisinfrastructuur onder meer om het opzetten van computerservicecentra, nieuwe beroepsverenigingen en de ontwikkeling van digitale vaardigheden bij de bevolking door het stimuleren van thuisgebruik van computers. In de jaren negentig en het begin van deze eeuw gaat het om snelle internetverbindingen.

94 Brynjolffson & McAfee (2014) geven aan dat ondanks de onzekerheid over de toekomst er over de jaren heen ook beleidsopties zijn geweest waar economen het over eens zijn, en die ook in de toekomst van belang blijven: 1) investeren in onderwijs, 2) stimuleren van ondernemerschap en start-ups, 3) stimuleren van 'matchmaking' tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt, 4) investeren in wetenschap en technologie, 5) investeren in infrastructuur en 6) op een 'wijze' manier belasting heffen. Deze globale richtingen zijn we ook terug in de opties die wij hieronder noemen.

Omarm de informatierevolutie

Ook in de huidige tijd is er discussie over welke rol de overheid kan spelen bij het aanjagen van economische groei via het stimuleren van technologische ontwikkeling (zie Hoofdstuk 4). Omarming van de informatierevolutie lijkt een belangrijke sleutel te zijn voor de toekomst, omdat het bijdraagt aan productiviteitsgroei, al bestaat er discussie over de richting en de keuze van de investeringen.[95]

Belangrijke vraag bij de adoptie van nieuwe technologie en innovatie is het koppelen van snelheid aan het succesvol laten landen en inbedden van technologie in de praktijk. Daaruit komen de volgende vragen naar voren die in de komende tijd nader onderzoek behoeven: investeert Nederland wel voldoende in nieuwe technologie? Waar zouden meer investeringen wenselijk zijn? Hoe kunnen (digitale) start-ups worden ondersteund?[96] Welke belemmeringen zijn er voor de benodigde veranderingen – en welke rol spelen onze instituties (wetten, regels en toepassing) daarbij? Zo bestaat er bijvoorbeeld discussie over de verschillende reacties in de Verenigde Staten en Europa over nieuwe diensten als Uberpop.[97] Hoe kunnen publieke investeringen in technologie en innovatie duurzaam bijdragen aan een welvarend Nederland? In Hoofdstuk 6 wordt in dit verband het ontwikkelen van inclusieve technologie en innovatie genoemd (de Britse NESTA die de *Inclusive Technology Prize* heeft ingesteld).

Smart industry

Internationaal is op dit moment een herwaardering van de maakindustrie waarneembaar. Sinds de jaren zestig werd veel arbeidsintensieve en laagtechnologische productiecapaciteit vanuit Nederland naar lagelonenlanden verplaatst vanuit de gedachte dat met laagtechnologische assemblage relatief weinig te verdienen viel ten opzichte van andere delen van de waardeketen, zoals onderzoek en ontwikkeling (R&D), productie van hoogwaardige producten, branding, ontwerp, verkoop en marketing. Dit wordt de *smiling curve* genoemd (Kommerskollegium 2012). Ook Nederland koos hiervoor, zo blijkt uit het voorbeeld van de textielindustrie in Tilburg. Nederland had er ook voor kunnen kiezen de productie hier te houden door het inzetten van technologie – een verschuiving dus van laag- naar hoogtechnologische productie. Maar de lokale overheid koos voor het stimuleren van andere sectoren, zoals dienstver-

95 Afhankelijk van hoe en met welke bril de probleemdiagnose wordt gesteld (zie Hoofdstuk 4)

96 Een voorbeeld hiervan is de Startup Delta met Neelie Kroes als boegbeeld. Zie http://www.startupdelta.org/.

97 Interview Bart van Ark, zie ook http://www.nrc.nl/nieuws/2015/04/16/uber-topman-europa-loopt-jaar-achter-op-vs/.

lening en recreatie. In de zuivelsector werd daarentegen wel gekozen voor het inzetten van technologie.[98]

In Nederland is de *Actieagenda Smart Industry* (FME et al. 2014) opgezet om onze maakindustrie klaar te maken voor de digitale toekomst. Daarbij zoekt Nederland ook aansluiting bij ontwikkelingen die in Duitsland plaatsvinden rondom de notie Industrie 4.0. Dat discours straalt veel positieve energie uit, maar wordt volgens Pfeiffer[99] ook gedreven door de angst dat Duitsland haar mondiale koppositie op het gebied van de hoogtechnologische maakindustrie aan het verliezen is aan landen zoals China en India, die door fikse investeringen in onderwijs inmiddels veel hooggeschoolde mensen hebben. China is nu de grootste exporteur van producten van hightechindustrieën geworden (Beltramello et al. 2012). Multinationals spelen daarop in, bijvoorbeeld door het opzetten van R&D-centra in China. De 'traditionele' fysieke scheiding tussen laagwaardige fabricage daar en hoogwaardige innovatie hier is veel minder vanzelfsprekend geworden. De slimme fabriek is *de* plek geworden waar innovatie van productieprocessen en producten plaatsvindt. De vraag voor de toekomst is daarmee waar die slimme fabriek komt te staan.[100] Clustering van innovatieve activiteiten in bepaalde regio's is al zichtbaar. Steeds meer landen streven er daarom naar een aantrekkelijke vestigingsplaats te zijn (of te worden) voor bedrijven en personeel.

Daarnaast wordt steeds meer verdiend aan diensten die zijn gekoppeld aan producten. Men spreekt van verdienstelijking *(servitization)* van de industrie; het onderscheid tussen diensten en industrie is steeds lastiger te maken. De Nike-schoen bijvoorbeeld, heeft nu een chip die voortdurend informatie terugstuurt naar Nike om diensten aan te kunnen bieden aan de gebruiker, zoals een hardloopadvies. De productie van de schoen en de dienst daarna (het advies in dit geval), twee onderdelen die voorheen gescheiden waren, vormen nu een geheel. Doordat landen als China naast laagtechnologische productie ook een sterke rol zijn gaan spelen op het gebied van hoogwaardige productie, zullen ze steeds meer grip krijgen op andere lucratieve delen van de waardeketen. Hierdoor groeit het inzicht in Amerika en Europa dat een hoogtechnologische maakindustrie belangrijk is voor de toekomst van de Westerse economie. De Nederlandse Actieagenda Smart Industry richt zich daarop.

---

98 Natuurlijk spelen bij deze keuzes allerlei factoren een rol: loonkosten, transportkosten, kosten van technologie-ontwikkeling; sommige productieprocessen zijn meer locatiegebonden e.d.

99 Interview Sabine Pfeiffer.

100 Waar productie neerslaat kent ook een geopolitieke dimensie: de strijd tussen landen en regio's over waar de voor- en nadelen van de IT-revolutie neerslaan. Dit leidt tot vragen over de rol van Europa: moet de EU bijvoorbeeld actiever zorgen voor Europese alternatieven voor Amerikaanse of Chinese IT-oplossingen?

Digitalisering van industriële maakprocessen en producten wordt steeds afhankelijker van een goede samenwerking tussen industrie en dienstverleners (Kamerstuk II 2013/2014, 33 625, nr 105). De samenwerking tussen de industriële en internetcultuur is bijvoorbeeld essentieel (Heng 2014). Daarom is meer aandacht nodig voor het stimuleren van de samenwerking tussen de industriële en dienstensector.[101] Gelet op de grote rol van de dienstensector in onze economie is ook specifieke aandacht van belang voor innovatie binnen de dienstensector. In de jaren vijftig was de verzekeringssector een van de aanjagers op het gebied van automatisering. Op dit moment groeit wederom binnen de verzekeringswereld het besef dat het broodnodig is om kennis te nemen van allerlei nieuwe innovaties en uit te zoeken wat die voor haar sector betekent. Om dat proces te versnellen, is het Insurancelab opgericht.[102] Een beleidsrichting die hieruit voortvloeit, is dan ook dat vele partijen en sectoren in de samenleving, van beleidsmakers en politici tot en met leraren en tal van bedrijven, kennismaken met nieuwe technologische mogelijkheden en dienstverleners.

Scholing

In het verleden was technologie vooral *skill upgrading*: het vroeg van iedereen om meer vaardigheden. Door grote investeringen in het onderwijs is het steeds gelukt om mensen beter op te leiden en aan de veranderende vraag naar vaardigheden te voldoen. De 'race tussen technologie en onderwijs' werd gewonnen door onderwijs (zie Hoofdstuk 5). Maar sinds de opkomst van het tweede machinetijdperk, waar machines denkkracht leveren en waar het digitaal Taylorisme het mogelijk maakt om cognitief routinewerk in deeltaken op te knippen en te offshoren, outsourcen of te automatiseren, is baanpolarisatie te zien. Voor de toekomst wordt verwacht dat automatisering alle opleidingsniveaus treft, dwars door sectoren heen. Ook in het huidige tijdsgewricht worden scholing en investeringen in het onderwijs genoemd als belangrijke opties om ervoor te zorgen dat mensen de juiste vaardigheden hebben voor het werk van de toekomst. Tegelijkertijd is onzeker over hoe dat werk – en de vaardigheden – van de toekomst er precies uit zullen zien.

Investeringen in herscholing en bijscholing zijn nodig om boventallige werknemers, onder andere in het middensegment, te begeleiden naar nieuw werk, en om het middensegment zo veel mogelijk door te laten stromen naar het hogere segment. Echter, dit gaat langzaam en kan een pijnlijk traject zijn voor de groepen die het betreft. In Nederland gaat dit proces vooral via de instroom van jongeren op de arbeidsmarkt. Om vraag en aanbod zo goed

---

101 Pfeiffer (2015) geeft aan dat alle Duitse beleidsaandacht gericht is op de maakindustrie. Er is daardoor te weinig oog voor ontwikkeling in de dienstensector, terwijl de veranderingen in die sector wellicht nog dramatischer zullen zijn.

102 Dit lab wordt op 9 juni 2015 door minister Dijsselbloem geopend. Het heeft als doel innovatie door verzekeraars verder aan te jagen.

mogelijk op elkaar te laten aansluiten, is interactie tussen bedrijven en het onderwijs van belang (betrekken van bedrijven bij opzet curricula; strategische relaties tussen bedrijven en onderwijsinstellingen). Nieuwe online matchingsdiensten, zoals LinkedIn, kunnen een rol spelen bij het bewerkstelligen van een betere, snellere match tussen vraag en aanbod. Daarnaast kan de opkomst van MOOC's een rol spelen bij het toegankelijker maken van hoger onderwijs.

Ook investeringen in het basis- en voortgezet onderwijs zijn van belang om kinderen uit te rusten met vaardigheden die voor de toekomstige economie en maatschappij van belang worden geacht. Het betreft diverse generieke vaardigheden: vaardigheden waarin mensen zich onderscheiden van computers (werken met nieuwe informatie, creativiteit, communicatie) of vaardigheden die passen bij flexibilisering en een digitaliserende omgeving, zoals metacognitieve vaardigheden, ondernemerschap en e-skills (leren programmeren, 3D-printen en dergelijke). Het platform #Onderwijs 2032 dat de staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen heeft gelanceerd (Kamerstuk II 2014/2015, 29 544, nr 281; Kamerstuk II, 31 293, nr 232) richt zich op de vraag welke vaardigheden kinderen die in 2032 naar school gaan moeten leren om goed voorbereid te zijn op de veranderende samenleving en arbeidsmarkt door snelle technologische ontwikkelingen.

Welvaart

Hoofdstuk 6 laat zien dat de informatierevolutie en automatisering sinds de jaren tachtig vooral de middenklassebanen treft. Met een brede toepassing van de technologieën van het tweede machinetijdperk, is de verwachting dat de ongelijkheid verder toe zal nemen. Dat leidt tot de vraag wat beleidsmakers kunnen doen om ervoor te zorgen dat de baten van digitalisering zo breed mogelijk verdeeld worden? De EU spreekt in dit verband over *inclusive societies*, waar het terugdringen van sociale uitsluiting en ongelijkheid centraal staan (EC 2013; zie ook Hoofdstuk 6).

Enerzijds is het van belang dat de overheid kansen creëert door ervoor te zorgen dat veel meer mensen hun brood kunnen verdienen in de digitale economie. Toegang tot internet is niet voldoende om effectief ICT-diensten te kunnen gebruiken, of het kunnen produceren van digitale goederen en diensten om daarmee de kost te kunnen verdienen. Het Europese beleid pleit er daarom voor om te investeren in digitale vaardigheden (Hoofdstuk 5 en Hoofdstuk 6). Ook het ontwikkelen van *inclusive technology* speelt hierbij een rol. Het gaat dan onder andere om technologie voor mensen met een (lichte beperking) en om *inclusive innovation:* innovatie ten behoeven van vooral arme bevolkingsgroepen en het centraal stellen van de gebruiker en gebruikersgemak.

Anderzijds is het van belang dat de overheid bescherming biedt. De vraag die hierbij hoort is: hoe kunnen de belangen van werknemers die te maken krijgen met automatisering of platformisering gewaarborgd worden? Het gaat daarbij

om zaken als een veilige werkomgeving, een veilig aantal werkuren (tegen overbelasting en exploitatie), vragen over voldoende inkomsten om van te leven, zorgdragen voor bijscholing, maar ook het waarborgen van privacy. Bij een vast dienstverband zijn dit soort zaken meestal goed geregeld en is het helder waar de verantwoordelijkheden van de werkgever liggen. In het geval van on demand crowdsourcen van arbeid, waarbij er veelal geen sprake is van een werkgever-werknemerrelatie, maar een relatie opdrachtgever-zelfstandige is dat niet zo.[103] Welke rechten, niet alleen voor laaggeschoolde, maar ook voor hooggeschoolde cognitieve arbeid, moeten worden gewaarborgd? Is er nieuw sociaal beleid nodig? Kunnen deze mogelijk zelfs in platformen worden ingebouwd?[104]

Hiermee samen hangt de beleidsoptie om de platformen – en de daarmee nieuw opkomende monopolies te reguleren. Op dit moment is regulering vaak nog afwezig. Inmiddels is in Europa een discussie gestart en stelt de Europese Commissie dat regulering nodig is om concurrentie te bevorderen en monopolievorming tegen te gaan.[105] Diensten als Uberpop zijn op dit moment bijvoorbeeld onderwerp van gerechtelijk onderzoek in een aantal landen. Tegelijkertijd moet hierbij worden opgemerkt dat deze nieuwe bedrijfsmodellen ook belangrijke kansen bieden voor innovatie en economische groei. Daarom is het van belang om hier een goede balans in te vinden.

7.6 Tot slot

Het doel van dit rapport was om wetenschappelijke inzichten over de relatie tussen technologie en werkgelegenheid uit het verleden en de toekomst in kaart te brengen. De ontwikkelingen in het tweede machinetijdperk, waarin we ons nu bevinden, zijn vergelijkbaar met eerdere grote technologische revoluties. Het Internet der Dingen speelt in onze samenleving een steeds belangrijker rol. Onze omgeving wordt steeds 'slimmer' en dansen met robots is niet langer toekomstmuziek. Daarmee gaat onze samenleving een nieuwe fase in. Welke gevolgen heeft dat? Hoe geven we hier invulling aan? Voor een antwoord op deze vraag kunnen we teruggaan naar het verleden. De meest cruciale les is dat we zelf mede vorm kunnen geven aan hoe deze relatie eruit gaat zien. Daarbij kan de 'robotsamenleving' – net als eerder bijvoorbeeld de 'informatiesamenleving' – gelden als een wenkend en mobiliserend perspectief. Dit perspectief – dat door beleidsmakers, bestuurders en politici kan worden 'ingekleurd' –stelt ons in staat kennis te nemen van de mogelijkheden die de nieuwe technologieën bieden en hieraan zelf verder vorm te geven.

---

103 Interview Sabine Pfeiffer en Fabian Dekker.

104 Interview Sabine Pfeiffer. Zij vraagt zich af in hoeverre we belangrijke fundamentele waarden kunnen inbouwen in de algoritmen van platformen; denk aan privacy by design of een maximaal aantal werkuren by design, zoals in vrachtwagens.

105 Zo wordt er in dit verband een onderzoek ingesteld naar misbruik van marktmacht door Google (EC 2015).

Literatuur

Acemoglu, D. (2002). 'Technical Change, Inequality, and the Labor Market.' In: *Journal of Economic Literature* 40, no.1, pp. 7-72.

Acemoglu, D. & D. Autor (2010). *Skills, Tasks and Technologies. Implications for Employment and Earnings*. NBER Working Paper, no. 16082.

Acemoglu, D. & D. Autor (2011). *Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings*. In: Ashenfelter & Card (eds.) *Handbook of Labor Economics*. Amsterdam: Elsevier vol. 4B, pp. 1043-1171.

Acemoglu, D. & D. Autor (2012). 'What Does Human Capital Do? A Review of Goldin and Katz's "The Race Between Education and Technology"'. In: *Journal of Economic Literature* 50, no. 2, pp. 426-463.

Acemoglu, D. et al. (2014). *Return of the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in U.S. Manufacturing*. NBER Working Paper, no. 19837.

Akerman, A., I. Gaarder & M. Mogstad (2015). *The Skill Complementarity of Broadband Internet*. NBER Working Paper, no. 20826.

Allenby, B.R. & D. Sarewitz (2011). *The Techno-Human Condition*. Boston: The MIT Press.

Alphen, P. van & J. Nebbeling (2011). 'Dichterbij Gerth'. In: *Flux* 5, pp. 6-10.

Anderson, C. (2006). *The Long Tail. Why the Future of Business is Selling Less of More*. New York: Hyperion.

Anderson, C. (2012). *Makers. The New Industrial Revolution.* New York: Crown Business.

Ark, B. van et al. (2009). 'Measuring Intangible Capital and its Contribution to Economic Growth in Europe'. In: *European Investment Bank Papers* 14, no. 1, pp. 62-93.

Ark, B. van, M. O'Mahony & M.P. Timmer (2008). The Productivity Gap between Europe and the United States: Trends and Causes. In: *Journal of Economic Perspectives* 22, no. 1, pp. 25-44.

Ark, B. van et al. (2013). *Recent Changes in Europe's Competitive Landscape and Medium-Term Perspectives: How the Sources of Demand and Supply Are Shaping Up*. European Economy Economic Papers 485. Brussels: European Commission, DG Economic and Financial Affairs.

Asada, H.H. et al. (2009). *From Internet to Robotics. A Roadmap for US Robotics*. Snowbird, Utah: Computing Community Consortium (CCC).

Atkinson, A.B. & S. Morelli (2014). *Chartbook of Economic Inequality*. Ecineq Working Paper 2014. Society for the Study of Economic Inequality. http://www.ecineq.org/milano/WP/ECINEQ2014-324.pdf.

Autor, D. (2013). 'The "Task Approach" to Labor Markets. An overview'. In: *Journal for Labour Market Research* 46, no. 3, pp. 185-199.

Autor, D.H., F. Levy & R.J. Murnane (2003). 'The Skill Content of Recent Technological Change. An Empirical Exploration'. In: *The Quarterly Journal of Economics* 118, pp. 1279-1334.

Autor, D., D. Dorn & G. Hanson (2013). *The China Syndrome. Local Labor Market Effects of Import Competition in the United States*. NBER Working Paper, no. 18054.

AWVN (2014). *Nieuw sociaal beleid voor Nederland. Een verantwoorde weg naar groei*. http://www.awvn.nl/actueel-site/Documents/PUBLICATIES-2014-JAARCONGRES-MANIFEST.pdf.

Bainbridge, S. (2015). 'In the Future, What Will People Do?' In: Dolphin (ed.) *Technology, Globalisation and the Future of Work in Europe. Essays on Employment in a Digitised Economy*. London: IPPR. http://www.ippr.org/publications/technology-globalisation-and-the-future-of-work-in-europe.

Bartelsman, E.J. (2010). 'Searching for the Sources of Productivity from Macro to Micro and Back'. In: *Industrial and Corporate Change* 19, no. 6, pp. 1891-1917.

Bartelsman, E.J. (2013). *ICT, Reallocation and Productivity*. *European Economy – Economic Papers* 486. Brussels: European Commission, Directorate General Economic and Monetary Affairs (DG ECFIN).

Bavel, B. van (2014). 'Vermogensongelijkheid in Nederland: de vergeten dimensie'. In: Kremer et al. *Hoe ongelijk is Nederland?* Amsterdam: WRR/Amsterdam University Press.

Beltramello, A., K. de Backer en L. Moussiegt (2012). *The Export Performance of Countries Within Global Value Chains (GVCs)*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2012/02. Parijs: OECD.

Berkers, E. & Korsten, J. 'Geschiedenis R&D FrieslandCampina', nog niet gepubliceerd manuscript versie 3 september 2013. (Lopend onderzoeksproject Stichting Historie der Techniek)

Blinder, A. (2006). 'Offshoring: The Next Industrial Revolution?' In: *Foreign Affairs* 85, no. 2, pp. 113-128.

Bloem, J. et al. (2014). *De Vierde Industriële Revolutie. Things als link tussen IT en OT.* VINT onderzoeksnotitie 3 van 4. Sogeti VINT. [z.p.]

Bogaard, A. van den et al. (2008). *De eeuw van de computer. De geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland*. Deventer: Kluwer.

Bosch, N. et al. (2012). *De huidige en toekomstige groei van het aandeel zzp'ers in de werkzame beroepsbevolking*. Den Haag: CPB. file:///C:/Users/Eigenaar/Downloads/achtergronddocument-scenarios-zzpers.pdf.

Botsman, R. & R. Rogers (2010). *What's Mine is Yours. The Rise of Collaborative Consumption.* New York: Harper Business.

Bovens, M., P. Dekker en W. Tiemeyer (red.) (2014). *Gescheiden werelden? Een verkenning van sociaal-culturele tegenstellingen in Nederland*. Den Haag: SCP & WRR.

Bresnahan, T.F. & M. Trajtenberg (1995). 'General Purpose Technologies. Engines of Growth?' In: *Journal of Econometrics* 65, pp. 83-108.

Broadbent, S. et al. (2013). *The Onlife Manifesto. Being Human in a Hyperconnected Era*. Brussels: European Commission.

Brown, P., H. Lauder & D. Ashton (2008). 'Education, Globalization and the Future of the Knowledge Economy'. In: *European Educational Research Journal* 7, no. 2, pp. 131-156.

Brown, P., H. Lauder & D. Ashton (2011). *The Global Auction: The Broken Promises of Education, Jobs and Incomes.* New York: Oxford University Press.

Bruegel, 'The Computerisation of European Jobs. Who Will Win and Who Will Lose from the Impact of New Technology onto Old Areas of Employment?', 17 juli 2014. http://www.bruegel.org/nc/blog/detail/article/1394-the-computerisation-of-european-jobs/.

Brugmans, I.J. (1961). *Paardenkracht en mensenmacht. Sociaal-economische geschiedenis van Nederland 1795-1940*. 's-Gravenhage: Nijhoff.

Brynjolfsson, E. & A. McAfee (2011). *The Race Against the Machine. How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington: Digital Frontier Press.

Brynjolfsson, E. & A. McAfee (2014). *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies.* New York: WW Norton.

Brynjolfsson, E. (2014). 'The Second Machine Age'. PPT presentation. http://mitsloan.mit.edu/uploadedFiles/Alumni/Content/Events/IDE_2014_Photos/The_Second_Machine_Age.pdf. Voor het laatst geraadpleegd 12 maart 2015.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2014). *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0.* [Berlin: BMWi]

Busch, R. 'De opkomst van online buurtplatformen'. http://www.socialmedia-meetlat.nl/pdf/digiloog/44%20busch.pdf, 23 oktober 2014.

Byrne, D.M., S.D. Oliner & D.E. Sichel (2013). 'Is the Information Technology Revolution Over? In: *International Productivity Monitor*, no. 25, pp. 20-36.

Cairncross, F. (1997). *The Death of Distance. How the Communications Revolution is Changing Our Lives.* Boston, MA: Harvard Business School.

Caldwell, J.T. (2009). 'Hive-sourcing is the New Out-sourcing. Studying Old (Industrial) Labor Habits in New (Consumer) Labor Clothes'. In: *Cinema Journal* 49, no. 1, pp. 160-167.

Caminada, K., K. Goudswaard & M. Knoef, 'Belasting aan de top. Geen spoor van groeiende ongelijkheid'. http://www.mejudice.nl/artikelen/detail/belasting-aan-de-top-geen-spoor-van-groeiende-ongelijkheid, 14 maart 2015.

Card, D. & J. DiNardo (2002). 'Skill Biased Technological Change and Rising Wage Inequality. Some Problems and Puzzles'. In: *Journal of Labor Economics* 20, no. 4, pp. 733-783.

Castells, M. (1996). *The Rise of the Network Society. The Information Age: Economy, society and culture. Volume I.* Cambridge, MA: Blackwell Publishing Ltd.

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2014a). *ICT, Kennis en Economie 2014*. Den Haag/Heerlen: CBS.

CBS (2014b). *Achtergrondkenmerken en ontwikkelingen van zzp'ers in Nederland*. Den Haag: CBS. http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/0374E776-5C6D-428E-B7B9-FEADA895CB48/0/009093ZZPersinNederland.pdf.

CBS, 'Meer mensen aan het werk, vooral jongeren', 16 april 2015. http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/arbeid-sociale-zekerheid/publicaties/artikelen/archief/2015/meer-mensen-aan-het-werk-vooral-jongeren.htm.

Cedefop, ‘Skill Mismatch Rise Risk after the Economic Crisis’, 24 maart 2015. http://www.cedefop.europa.eu/en/news-and-press/news/skill-mismatch-rise-risk-after-economic-crisis.

Chakravorti, B., C. Tunnard & R. Shankar Chaturvedi, ‘Where the Digital Economy Is Moving the Fastest’, 19 februari 2015. https://hbr.org/2015/02/where-the-digital-economy-is-moving-the-fastest,

Christensen, C.M. (1997). *The Innovator’s Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business Press.

Coenen, A. (2015). ‘De ontwikkeling van de Nederlandse vermogensongelijkheid’. In: *Economisch Statistische Berichten* [100], [nr. 4].

Corrado, C. et al. (2007). ‘Sectoral Productivity in the United States. Recent Developments and the Role of ICT’. In: *German Economic Review* 8, no. 2, pp. 188-210.

Corrado C. et al. (2013). ‘Innovation and Intangible Investment in Europe, Japan, and the United States’. In: *Oxford Review of Economic Policy* 29, pp. 261-286.

Corrado, C.A. & C.R. Hulten (2010). ‘Measuring Intangible Capital. How Do You Measure a “Technological Revolution”?’ In: *American Economic Review: Papers & Proceedings* 100, pp. 99-104.

Cowan, T. (2009). *Average is Over. Powering America Beyond the Age of the Great Stagnation*. New York: Penguin.

Cowan, T. (2010). *The Great Stagnation. How America Ate All The Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*. New York: Penguin.

Centraal Planbureau (CPB) (2012). *Loonongelijkheid in Nederland stijgt*. CPB Policy Brief 2012/06. Den Haag: CPB. file:///C:/Users/Eigenaar/Downloads/cpb-policy-brief-2012-06-loonongelijkheid-nederland-stijgt.pdf.

CPB (2014a). *Investeringen in persoonlijke ontwikkeling verbeteren sociaaleconomische uitkomsten.* CPB Policy Brief 2014/08. Den Haag: CPB. file:///C:/Users/Eigenaar/Downloads/cpb-policy-brief-2014-08-investeringen-persoonlijke-ontwikkeling-verbeteren-sociaaleconomische-uitko.pdf.

CPB (2014b). *Discussiebijdrage t.b.v. ‘IBO Zelfstandigen zonder personeel’*. CPB Notitie. Den Haag: CPB. http://www.cpb.nl/publicatie/discussiebijdrage-tbv-%E2%80%98ibo-zelfstandigen-zonder-personeel%E2%80%99.

CPB, 'Kerngegevenstabel 2013-2016'. CEP, 5 maart 2015. file:///C:/Users/Eigenaar/Downloads/cpb-uitgebreide-kerngegevenstabel-5mrt2015.pdf.

Crafts, N. (2014). 'Secular Stagnation. US Hypochondria, European Disease?' In: Teulings & Baldwin (eds.), *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR, pp. 91-97.

De Mul, J. (1999). 'The Informatization of the Worldview'. In: *Information, Communication & Society* 2, no. 1, pp. 604-629.

Dekker, F. & R. van der Veen (2015). 'Modern Working Life. A Blurring of the Boundaries Between Secondary and Primary Labour Markets?' In: *Economic and Industrial Democracy*, doi: 10.1177/0143831X14563946.

Deloitte (2014). *De impact van automatisering op de Nederlandse arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*. http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-impact-van-automatisering-op-de-nl-arbeidsmarkt.pdf.

Deming, W.E. (1986). *Out of the Crisis.* Cambridge, MA: MIT-CAES.

Diamandis, P. & S. Kotler (2012). *Abundance. The Future Is Better Than You Think*. New York: Free Press.

Diamandis, P. & S. Kotler (2015). *Bold. How to Go Big, Create Wealth and Impact the World*. New York: Simon & Schuster.

Dolphin, T. (ed.) (2015). *Technology, Globalisation and the Future of Work in Europe. Essays on Employment in a Digitised Economy*. London: IPPR. http://www.ippr.org/publications/technology-globalisation-and-the-future-of-work-in-europe.

Duffhues, T., J. Korsten & R. Vonk (2011). *Van Achlum naar Achmea. De historische route naar een coöperatieve verzekeringsgroep 1811*-2011. Zutphen: Walburg Pers.

Edwards, P.N. (1994). 'From "Impact" to Social Process. Computers in Society and Culture'. In: Jasanoff et al. (eds.) *Handbook of Science and Technology Studies.* Beverly Hills, CA: Sage, pp. 257-285.

Eggelte, J. et al. (2014). *Overwegingen bij de loonontwikkeling*. DNB Occasional Studies, vol. 12, nr. 1. Amsterdam: De Nederlandsche Bank NV.

Elchardus, M. (2013). 'Ongelijkheid in de kenniseconomie'. In: *S&D* 70, nr. 3, pp. 46-67.

Elliott, S.W. (2008). 'Projecting the Impact of Computers on Work in 2030'. In: Hilton (2008). *Research on Future Skill Demands. A Workshop Summary.* National Research Council. Washington: The National Academies Press.

Elliott, S.W. (2014). 'Anticipating a Luddite Revival?' In: *Issues in Science and Technology* 30, nr. 3. http://issues.org/30-3/stuart/.

Elsby, M.W.L., B. Hobijn & A. Sahin (2013). 'The Decline of the U.S. Labor Share'. Brookings Papers on Economic Activity. http://www.brookings.edu/~/media/Projects/BPEA/Fall%202013/2013b_elsby_labor_share.pdf.

Est, R. van, m.m.v. V. Rerimassie, I. van Keulen & G. Dorren (2014). *Intieme technologie. De slag om ons lichaam en gedrag.* Den Haag: Rathenau Instituut.

European Commission (EC) (2012). *Special Eurobarometer 382. Public Attitudes Towards Robots.* Brussels: European Commission.

EC (2013). *Horizon 2020. Workprogramme 2014-2015. Europe in a Changing World Inclusive, Innovative and Reflective Societies.* http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-societies_en.pdf.

EC (2014). *Digital Inclusion and Skills. Digital Agenda Scoreboard 2014.* http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/scoreboard-2014-digital-inclusion-and-skills-eu-2014.

EC (2015). 'Antitrust: Commission sends Statement of Objections to Google on Comparison Shopping Service; Opens Separate Formal Investigation on Android', 15 april 2015. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4780_en.htm.

Evans, P.C. & M. Annunziata (2012). *Industrial Internet. Pushing the Boundaries of Minds and Machines.* General Electric. [z.p.]

Fernández-Macías, E. (2012). 'Job polarization in Europe? Changes in the Employment Structure and Job Quality, 1995-2007'. In: *Work and Occupations* 39, no. 2, pp. 157-182.

Filarski, R. & G. Mom (2008). *Van transport naar mobiliteit. De transportrevolutie 1800-1900.* Zutphen: Walburg Pers.

Fischer, E.J. (1983). *Fabriquers en fabrikanten. Twente, Borne en de katoennijverheid 1800-1900.* Utrecht: Matrijs.

Fleisch, E., M. Weinberger & F. Wortmann (2014). *Business Models and the Internet of Things*. Bosch IoT Lab White Paper. http://www.iot-lab.ch/wp-content/uploads/2014/11/EN_Bosch-Lab-White-Paper-GM-im-IOT-1_3.pdf.

Floridi, L. (2014). *The Fourth Revolution. How the Infosphere Is Reshaping Human Reality.* Oxford: Oxford University Press.

FME et al. (2014). *Actieagenda Smart Industry. Dutch Industry Fit for the Future.* http://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2014/11/Smart-Industry-actieagenda-LR.pdf.

Ford, M. (2009). *The Lights in the Tunnel. Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*. Aculant Publishing. [z.p.]

Ford, M. (2015). *The Rise of the Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books.

Forey, D. (2015). *Smart Specialisation. Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*. London: Routledge.

Freeman, C. & C. Perez (1988). 'Structural Crises of Adjustment. Business Cycles and Investment Behavior'. In: G. Dosi et al. (eds.) *Technical change and economic theory*. London/New York: Pinter/Columbia University Press, pp. 38-66.

Freeman, R.B. (2014). 'Who Owns the Robots Rules the World'. IZA, World of Labor. Evidence-based policy making. http://www.sole-jole.org/Freeman.pdf.

Frey, C.B. & M.A. Osborne (2013). *The Future of Unemployment. How Susceptible Are Jobs to Computerization?* Oxford: Oxford Martin Publication.

Gijsbers, G. (2014). *KETs Skills and Employment.* mKETs-PL Summary Paper. mKETs Pilot Lines Project.

Goldin, G. & L. Katz (2008). *The Race Between Education and Technology.* Cambridge MA: Harvard University Press.

Gollin, R., 'Om mee te spelen. Geen stuur- of rembekrachtiging in de Donkervoort. Oerbeleving, daar draait het om'. In: *de Volkskrant*, 13 april 2011.

Goodwin, T., 'The Battle Is for the Customer Interface'. TechCrunch, 3 maart 2015. http://techcrunch.com/2015/03/03/in-the-age-of-disintermediation-the-battle-is-all-for-the-customer-interface/.

Goos, M. (2013). *How the World of Work is Changing. A Review of the Evidence.* Geneva: International Labour Office Geneva.

Goos, M. & A. Manning (2007). 'Lousy and Lovely Jobs. The Rising Polarization in Britain'. In: *Review of Economics of Statistics* 89, no. 1, pp. 118-133.

Goos, M., A. Manning & A. Salomons (2009). 'Job Polarization in Europe'. In: *American Economic Review* 99, no. 2, pp. 58-63.

Goos, M., A. Manning & A. Salomons (2010). *Explaining Job Polarization in Europe. The Roles of Technology, Globalization and Institutions*. CEP Discussion Paper. London: Centre for Economic Performance, LSE. http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1026.pdf.

Goos, M., A. Manning & A. Salomons (2014). 'Explaining Job Polarization. Routine-Biased Technological Change and Offshoring'. In: *American Economic Review* 104, no. 8, pp. 2509-2526.

Gordon, R.J. (2012). *Is US Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds*. CEPR Policy Insight, no. 63. http://www.cepr.org/sites/default/files/policy_insights/PolicyInsight63.pdf.

Gordon, R.J. (2014). 'The Turtle's Progress. Secular Stagnation Meets the Headwinds'. In: Teulings & Baldwin (eds.) *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR, pp. 47-59.

Hansen, A. (1939). 'Economic Progress and Declining Population Growth'. In: *American Economic Review* 29, no. 1, pp. 1-15.

The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS) & TNO (2013). *The European Labor Market and Technology. Employment, Inequality and Productivity.* Den Haag: HCCS.

Heng, S. (2014). *Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon*. Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research.

Hesselmans, A.N. & G.P.J. Verbong (2000). 'Schaalvergroting en kleinschaligheid. De elektriciteitsvoorziening tot 1914'. In: J.W. Schot, H.W. Lintsen, A. Rip en A.A. Albert de la Bruhèze (red) (2000) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. II Delfstoffen, Energie, Chemie*. Zutphen: Walberg

Hesselmans, A.N., G.P.J. Verbong & H. Buiter (2000). 'Binnen provinciale grenzen. De elektriciteitsvoorziening tot 1940'. In: J.W. Schot, H.W. Lintsen, A. Rip en A.A. Albert de la Bruhèze (red) (2000). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. II Delfstoffen, Energie, Chemie.* Zutphen: Walberg

Hogarth, T. & R. Wilson (2015). ‘The Outlook for Skills Demand and Supply in Europe’. In: Dolphin (ed.) *Technology, Globalisation and the Future of Work in Europe. Essays on Employment in a Digitised Economy*. London: IPPR.

Hulst, A. van der, ‘Zelfmoord tussen de iPhones. De werkomstadigheden bij Foxconn’. In: *NRC*, 6 augustus 2013. http://www.nrc.nl/carriere/2013/08/06/zelfmoord-tussen-de-iphones-de-werkomstandigheden-bij-foxconn/.

Huppes, T. (1980). *Maatschappelijke gevolgen van de chip-technologie.* Leiden: Kroese.

IEEE Spectrum (2015). ‘Special Report. 50 years of Moore’s law’. http://spectrum.ieee.org/static/special-report-50-years-of-moores-law.

Ismail, I., M.S. Malone & Y. van Geest (2014). *Exponential Organizations. Why New Organizations Are Ten Times Better, Faster, and Cheaper than Yours (and What To Do About It)*. New York: Diversionbooks.

Kagermann, H., W. Wahlster & J. Helbig (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.* Frankfurt am Main: Acatech – National Academy of Science and Engineering.

Kagono, T. et al. (1985). *Strategic Versus Evolutionary Management. U.S./Japan Comparison of Strategy and Organization.* New York: North Holland.

Kamerstuk II 2013/2014, 33 625, nr 105, brief van de Minister voor buitenlandse handel en ontwikkelingssamenwerking, 16 mei 2014, Bijlage: ‘Versterking van de positie van Nederland in mondiale waardeketens’.

Kamerstuk II 2014/2015, 31 293, nr 226, brief van de Staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 17 november 2014.

Kamerstuk II 2014/2015, 29 544 nr 281, brief van de Minister van sociale zaken en werkgelegenheid over effect van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt, 19 december 2014.

Kamerstuk II 2014/2015, 31 293, nr 232, brief van de Staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 12 januari 2015.

Kasper, H., L. Schakel & T. Schiefer (2015). ‘Inkomens- en vermogensongelijkheid in de regio’. In: *Economisch Statistische Berichten* 100, nr. 4705.

Katz, L. & R. Margo (2013). *Technical Change and the Relative Demand for Skilled Labor. The United States in a Historical Perspective*. NBER Working Paper 18752.

Kommerskollegium (2012). *Everybody is in Services. The Impact of Servicification in Manufacturing on Trade and Trade Policy*. Stockholm: Kommerskollegium, National Board of Trade.

Korsten, J. & H.W. Lintsen (2015). 'De Kamers van Koophandel en de sociaal-economische ontwikkeling van Noord-Brabant. Kamer van Koophandel Tilburg en Kamer van Koophandel Midden-Brabant 1842-1982/1980-1995', werkdocument van 2 maart 2015, hoofdstuk 2 'Naar een nieuwe economische structuur 1945-1975' en hoofdstuk 3 'Naar een nieuw elan 1975-1995'. (Lopend onderzoeksproject Stichting Historie der Techniek).

Kreijveld, M., J. Deuten & R. van Est (red.) (2014). *De kracht van platformen. Nieuwe strategieën voor innoveren in een digitaliserende wereld.* Den Haag/ Deventer: Rathenau Instituut/Vakmedianet.

Kremer, M. et al. (red.) (2014). *Hoe ongelijk is Nederland?* Amsterdam: WRR/ Amsterdam University Press.

Krugman, P. (2014) Four observations on secular stagnation. In: Teulings & Baldwin (eds.) *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR, pp. 61-68.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology*. New York: Viking Press.

Lanz, R. & A. Maurer (2015). *Services and Global Value Chains. Some Evidence of Servicification of Manufacturing and Service Networks*. WTO Working Paper ERSD-2015-03. Geneva: WTO. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd201503_e.pdf.

Levy, F. & R. Murnane (2014). *Dancing with Robots. Human Skills for Computerized Work*. NEXT report. http://content.thirdway.org/publications/714/Dancing-With-Robots.pdf.

Lintsen, H.W. (red.) (1992-1995). *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Zesdelige serie.* Zutphen: Walburg Pers.

Linstsen, H.W. (2005) *Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland, 1800-2000.* Zutphen: Walburg Pers.

Lipsey, R., K.I. Carlaw & C.T. Bekar (2005). *Economic Transformations. General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth*. Oxford: Oxford University Press.

Lobo, S., 'Die Mensch-Maschine. Auf dem Weg in die Dumpinghölle'. Spiegel Online, 3 september 2014. http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sascha-lobo-sharing-economy-wie-bei-uber-ist-plattform-kapitalismus-a-989584.html.

MacMillan, D., S. Schechner & L. Fleisher, 'Uber Snags $41 Billion Valuation'. *Wall Street Journal*, 5 december 2014. http://www.wsj.com/articles/ubers-new-funding-values-it-at-over-41-billion-1417715938.

Magretta, J. (2002). *'Why Business Models Matter'.* In: Harvard Business Review, May Issue, pp. 86-93. https://hbr.org/2002/05/why-business-models-matter.

Malet, J.-B. (2013). En Amazonie. Infiltré dans les 'meilleur des mondes'. Paris: Fayard.

Mandel, E. (1968). *Marxist Economic Theory*. London: Merlin Press.

Manjoo, F., 'Uber's Business Model Could Change Your Work'. In: The New York Times, 28 januari 2015.

Mazzucato, M. (2011). *The Entrepreneurial State*. London: Demos. http://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial_State_-_web.pdf.

McKinsey Global Institute (2012). *Manufacturing the Future. The Next Era of Global Growth and Innovation*. www.mckinsey.com/insights/manufacturing/the_future_of_manufacturing.

Michaels, G., A. Natraj & J. van Reenen (2014). 'Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years'. In: *The Review of Economics and Statistics* 96, no. 1, pp. 60-77.

Milanovic, B. (2012). *Global Income Inequality by the Numbers. In History and Now*. Washington: The World Bank.

Miller, B. & R.D. Atkinson (2013). *Are robots taking our jobs, or making them?* Washington: The Information Technology & Innovation Foundation (ITIF). http://www2.itif.org/2013-are-robots-taking-jobs.pdf.

Misa, T.J., P. Brey & A. Feenberg (eds.) (2003). *Modernity and Technology.* Cambridge, MA: The MIT Press.

Mishel, L., J. Schmitt & h. Shierholz (2013). *Assessing the Job Polarization Explanation of Growing Wage Inequality*. Economic Policy Institute Working Paper. http://www.epi.org/publication/wp295-assessing-job-polarization-explanation-wage-inequality/.

Mohnen, P. & M. Stare (2013). *The Notion of Inclusive Innovation*. Policy Brief no. 15. Online: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/expert-groups/i4g-reports/i4g_policy_brief__15_-%20_inclusive_innovation.pdf.

Mokyr, J. (2014). 'Secular Stagnation? Not in Your Life'. In: Teulings & Baldwin (eds.) *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR, pp. 83-89.

Montgomery, D. (1979). *Worker's Control in America. Studies in the History of Work, Technology, and Labor Struggles. Cambridge: Cambridge University Press.*

Morozov, E., 'The Rise of Data and the Death of Politics'. *The Guardian*, 20 juli 2014. http://www.theguardian.com/technology/2014/jul/20/rise-of-data-death-of-politics-evgeny-morozov-algorithmic-regulation.

NASDAQ (2015). 'Apple Becomes First US Company To Close Above $700 Billion In Value – Update'. http://www.nasdaq.com/article/apple-becomes-first-us-company-to-close-above-700-billion-in-valueupdate-20150210-01376.

Noort, W. van, 'Werknemers on demand'. In: *NRC Handelsblad*, 17-18 januari 2015.

Oertel, H. & H. Wagner (2013). *Crowdsourcing. Beschäftigte im globalen Wettbewerb um Arbeit – am Beispiel IBM. Frankfurt am Main: IG Metall Vorstand.*

Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) (1994). *The OECD Jobs Study. Facts, Analysis, Strategies*. http://www.oecd.org/els/emp/1941679.pdf.

OESO (2008). *Productivity Measurement and Analysis. Proceedings from OECD Workshops.* Parijs: OESO/FSO.

OESO (2012). 'Labour Losing to Capital: What Explains the Declining Labour Share?' In: *OECD Employment Outlook 2012*. Parijs: OESO.

OESO (2013a). *OECD Skills Outlook 2013. First Results from the Survey of Adult Skills*. Parijs: OECD Publishing.

OESO (2013b). *Moving Towards a Single Labour Contract. Pros, Cons and Mixed Feelings*. Economics Department Working Paper No. 1026. Paris: OECD. Doi 10.1787/5k4c0vvc4zxv-en.

OESO (2014a). *OECD Economic Outlook, volume 2014/1*. Parijs: OESO.

OESO (2014b). *Young SMEs, Growth and Job Creation*. http://www.oecd.org/sti/young-SME-growth-and-job-creation.pdf.

OESO (2014c). *OECD Economic Surveys: Netherlands 2014*. Parijs: OESO.

Oortmerssen, G. van (2012). 'ICT. Een disruptieve technologie'. In: *Prins, Vedder & Van der Zee (red.) Jaarboek ICT en samenleving 2012. De transformerende kracht van ICT. Gorredijk: Media Update Vakpublicaties, pp. 23-40.*

Ostry, J.D., A. Berg & C.G. Tsangarides (2014). *Redistribution, Inequality and Growth*. IMF Staff Discussion Note. SDN 14/02. http://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2014/sdn1402.pdf.

Pels, D. (2009). 'De kansenmaatschappij. Pleidooi voor een sociale meritocratie'. In: Boxtel et al. Open en onbevangen. De noodzaak van politieke vrijzinnigheid. Amsterdam: Balans, pp. 152-161.]

Perez, C. (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham: Elgar.

Pessoa, J.P. & J. Van Reenen (2012). *Decoupling of Wage Growth and Productivity Growth? Myth and Reality*. London: Centre for Economic Performance, LSE. http://www.livingstandards.org/wp-content/uploads/2012/02/Decoupling-of-wages-and-productivity.pdf.

Pew Research Center (2014). *AI, Robotics and the Future of Jobs*. http://www.pewinternet.org/ 2014/08/06/futureofjobs/.

Pfeiffer, S. 'Robotics and industry 4.0', 26 februari 2015. Berlijn: 2nd European TA Conference: The Next Horizon of Technology Assessment.

Piore, M. (1972). *Notes for a Theory of Labor Market Stratification.* Working paper Department of Economics. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2013). *Demografische ontwikkelingen 2010-2040. Ruimtelijke effecten en regionale diversiteit*. Den Haag: PBL.

Ploeg, R. van der & W. Vermeend, 'Arbeidsmarkt niet voorbereid op de toekomst'. In: *De Financiële Telegraaf*, 13 juli 2014.

Polak, F.L. (1949). *De wentelgang der wetenschap en maatschappij van morgen*. Leiden: E.H. Stenfert Kroese N.V.

Poort, F., *'Vijf mijlpalen in de geschiedenis van dataopslag'. Nu.nl, 16 mei 2014.*

Prins, C., A. Vedder & F. van der Zee (red.) (2012). Jaarboek ICT en samenleving 2012. De transformerende kracht van ICT. Gorredijk: Media Update Vakpublicaties.

Putnam, R.D. (2015). *Our Kids. The American Dream in Crisis*. New York: Simon and Schuster.

Reich, R.B., 'The Share-the-Scraps Economy'. Robert Reich, 2 februari 2015. http://robertreich.org/post/109894095095.

Rifkin, J. (1995). *The End of Work. The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*. Kirkwood, NY: Putnam Publishing Group.

Rifkin, J. (2000). *The Age of Access. The New Culture of Hypercapitalism, Where All of Life Is a Paid-for Activity.* New York: Penguin Putnam, Inc.

Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution. How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.* New York: Palgrave Macmillan.

Rifkin, J. (2014). *The Zero Marginal Cost Society. The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism.* New York: Palgrave Macmillan.

Ritzer, G. (1983). *'The McDonaldization of Society'. In: Journal of American Culture 6, no. 1, pp. 100-107.*

Royakkers, L., F. Daemen & R. van Est (2012). *Overal robots. Automatisering van de liefde tot de dood.* Den Haag: Boom | Lemma.

Salomons, A., 'Banen bedreigd?', 25 februari 2015. Utrecht: Studium Generale Utrecht. http://www.sg.uu.nl/opnames/huisje-boompje-beestje/banen-bedreigd.

Salverda, W. (2014). 'De tektoniek van de inkomensongelijkheid in Nederland'. In: Kremer et al. *Hoe ongelijk is Nederland*? Amsterdam: WRR/Amsterdam University Press, pp. 39-58.

Salverda, W., 'Vermogensongelijkheid op recordhoogte'. Mejudice, 13 april 2015. http://www.mejudice.nl/artikelen/detail/vermogensongelijkheid-op-recordhoogte.

Schaaijk, M. van (2015). 'Kapitaal in Nederland 1921-2013'. In: *Economisch Strategische Berichten* 100, nr. 4704.

Schot, J.W. et al. (red.) (1998-2003). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw*. Zevendelige serie. Zutphen: Walburg Pers.

Shirky, C. (2011). *Cognitive Surplus. How Technology Makes Consumers into Collaborators.* Penguin Press. [z.p.]

SCP (2014) *Bevrijd of beklemd? Werk, inhuur, inkomen en welbevinden van zzp'ers*. Den Haag: SCP

Solow, R., 'We'd Better Watch Out'. In: *The New York Times Book Review*, 12 juli 1987. http://www.standupeconomist.com/pdf/misc/solow-computer-productivity.pdf.

Standard Chartered Global Research (2015). *Special Report. Technology: Reshaping the Global Economy*. Standard Chartered Bank. [z.p.]. https://www.sc.com/en/resources/global-en/pdf/Research/2015/2015-01-19-Technology-Report-FINAL.pdf.

Stiglitz, J. (2012). *The Price of Inequality. How Today's Divided Society Endangers Our Future*. New York: W.W. Norton & Company.

Subirana, B., S. Sarma & E. Fleisch (2006). 'High resolution management. Improving Management Vision'. In: *IESE Alumni Magazine*, July-September, pp. 8-13.http://www.ee-iese.com/102/ingles/pdf/subirana.pdf.

Summers, L.H. (2014). 'Reflections on the "New Secular Stagnation Hypothesis"'. In: Teulings & Baldwin (eds.) *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR, pp. 27-38.

Summers, L.H. (2014a), 'Reflections on Secular Stagnation',31 oktober 2014. Amsterdam: KVS Tinbergenlezing (zie ook: http://www.kvsweb.nl/).

Summers, L.H. (2014b). 'U.S. Economic Prospects. Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound'. In: *Business Economics* 49, no. 2, pp. 65-73.

Tapscott, D. (1995). *The Digital Economy. Promise and Peril in the Aged of Networked Intelligence. New York: McGraw-Hill.*

Taylor, F.W. (1911). *The Principles of Scientific Management.* New York/London: Harper & Brothers.

Terranova, T. (2012). 'Free labor'. In: T. Scholz (ed.) *Digital Labor. The Internet as Playground and Factory.* New York: Routledge, pp. 33-57.

Teulings, C. & R. Baldwin (eds.) (2014). *Secular Stagnation. Facts, Causes, and Cures. A VoxEU.org eBook*. London: CEPR.

The Economist (2014), 'Pointers to the Future. Forecasting the Internet's Impact on Business Is Proving Hard'. In: *The Economist*, 18 oktober 2014. http://www.economist.com/news/business/21625801-forecasting-internets-impact-business-proving-hard-pointers-future.

The Economist (2015), 'Self-Made Wealth in America. Robber Barons and Silicon Sultans'. In: *The Economist*, 3 januari 2015. http://www.economist.com/news/briefing/21637338-todays-tech-billionaires-have-lot-common-previous-generation-capitalist.

The Economist (2015a), 'America's Elite. An Hereditary Meritocracy'. In: *The Economist*, 24 januari 2015. http://www.economist.com/news/briefing/21640316-children-rich-and-powerful-are-increasingly-well-suited-earning-wealth-and-power.

The Economist (2015b), 'Puzzles. The Global Secular Savings Stagnation Glut'. *The Economist*, 3 april 2015. http://www.economist.com/blogs/freeexchange/2015/04/puzzles.

Thijs, A., P. Fisser & M. van der Hoeven (2014). *21e eeuwse vaardigheden in het curriculum van het funderend onderwijs: een conceptueel kader.* Enschede: SLO.

Tinbergen, J. (1975). *Income Distribution. Analysis and Policies*. Amsterdam/Oxford: North-Holland.

UK Commission for Employment and Skills (UKCES) (2014). *The Future of Work. Jobs and Skills in 2030*. Evidence Report 84. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/303334/er84-the-future-of-work-evidence-report.pdf.

Uyl, J.M. den (1979). 'Maatschappelijke gevolgen van de kleine computers'. In: *Informatie* 21, nr. 6, pp. 349-404.

Veraart, F. (2008). 'De domesticatie van de computer in Nederland 1975-1990'. In: *Studium* 1, no. 2, pp. 145-164.

Vermij, R. (2003). 'Het gaat vanzelf – of niet? Industriële automatisering in Nederland'. In: Schot et al. *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel VI*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 302-316.

Violante, G.L. (2008). ‘Skill-Biased Technical Change’. In: Durlauf & Blume (eds.) *The New Palgrave Dictionary of Economics Online*. Second Edition. New York: Palgrave Macmillan. http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_S000493.

Vries, C. de (2014). ‘Reactie op: Oorzaken van en remedies voor seculaire stagnatie’. In: *Economisch Strategische Berichten* 99, nr. 4697, pp. 684-685.

Vrooman, C., M. Gijsberts & J. Boelhouwer (red.) (2014). *Verschil in Nederland. Sociaal en Cultureel Rapport 2014*. Den Haag: SCP. http://www.scp.nl/Publicaties/Alle_publicaties/Publicaties_2014/Verschil_in_Nederland.

World Economic Forum (WEF) (2015). *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services.* Geneva: WEF in collaboration with Accenture.

Woittiez, I. et al. (2014). *Zorg Beter Begrepen. Verklaringen voor de groeiende vraag naar zorg voor mensen met een verstandelijke beperking*. Den Haag: SCP. http://www.scp.nl/Publicaties/Alle_publicaties/Publicaties_2014/Zorg_beter_begrepen.

Womack, J., D. Jones & D. Roos (1990). *The Machine That Changed The World.* New York: Macmillan.

Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) (2013). *Naar een lerende economie.* Den Haag: WRR.

Zanden, J.L. van & R.T. Griffiths (1989). *Economische geschiedenis van Nederland in de 20e eeuw*. Utrecht: Spectrum

Zanden, J.L. van & A. van Riel (2000). *Nederland 1800-1914. Staat, Instituties en economische ontwikkeling*. Meppel: Boom.

Bijlage 1
Geraadpleegde experts

Prof. dr. Sabine Pfeiffer	Universität Hohenheim, Duitsland	Sociologie
Prof. dr. Bart van Ark	Rijksuniversiteit Groningen, Conference Board, New York	RUG: Faculty of Economics and Business
Prof. dr. Bas ter Weel	Directie CPB, Universiteit Maastricht	Departement Algemene Economie
Dr. Fabian Dekker	Erasmus Universiteit, WRR	Sociologie
Prof. dr. Jan Luiten van Zanden	Universiteit Utrecht	Geesteswetenschappen

Rathenau Instituut

Bijlage 2
Technologie door de eeuwen heen

Verschillende opdelingen

Er zijn tal van manieren om het verleden vanuit technologisch perspectief op te delen. Deze bijlage beschrijft de vier soorten begrippen die in onze studie gebruikt zijn: 1) eerste en tweede machinetijdperk (Brynjolfsson & McAfee 2014), 2) eerste, tweede en derde industriële revolutie (Mandel 1968), 3) de notie van 'generieke technologieën' (Bresnahan & Trajtenberg 1995), en 4) het begrip Kondratievgolf, aangezien dit fenomeen vaak een rol speelt in het denken over de historische relatie tussen technologie en economie, alsook in de speculaties over de toekomst daarvan. Daarnaast laten we de samenhang tussen deze begrippen en de notie van eerste en tweede machinetijdperk zien (zie Tabel 1 en 2).

1 Eerste en tweede machinetijdperk

In de huidige discussie over technologie en arbeid spelen de termen eerste en tweede machinetijdperk van Brynjolfsson & McAfee (2014) een centrale rol. In het eerste tijdperk gaat het om machines die spierkracht leveren en in het tweede om machines die denkkracht leveren. De auteurs vragen zich af hoe de denkende machines (computers, robots, internet, kunstmatige intelligentie) ons leven gaan veranderen. Een belangrijke vraag is in hoeverre we in het huidige tijdperk kunnen leren van het eerste machinetijdperk.

2 Eerste, tweede en derde industriële revolutie

In de historie van de technologie wordt vaak een onderscheid gemaakt tussen de eerste, tweede en derde industriële revolutie. Mandel (1968) introduceerde deze begrippen. De eerste industriële revolutie van 1820 en 1870 is gebaseerd op de stoommachine en de tweede op de elektrische motor en verbrandings-motor. Mandel (1968, p. 605) zag in jaren veertig een derde industriële revolutie opkomen gebaseerd op kernenergie en het gebruik van elektronische machines. Deze terminologie is door anderen op diverse manieren gebruikt. De derde industriële revolutie is daarbij steeds meer gaan verwijzen naar de IT-revolutie, oftewel het tijdperk gebaseerd op de computer.

Rifkin (2011; 2014) hanteert bijvoorbeeld dezelfde indeling. Een industriële revolutie kenmerkt zich volgens hem door het samenkomen van revolutionaire ontwikkelingen op het gebied van energie, communicatie en mobiliteit (zie Tabel 1). Bij de eerste industriële revolutie ging het om de combinatie van stoommachines die op kolen werkten, de opkomst van de stoomdrukpers, de trein en spoorwegen. Bij het tweede industriële tijdperk gaat het om de gecentraliseerde productie van elektriciteit en verbrandingsmotoren, onder meer in auto's die op olie lopen en de opkomst van de radio, tv en telefoon.

Rifkin denkt dat het Internet of Things de derde industriële revolutie pas echt op gang gaat brengen. Deze staat aan de basis van een slim energienet dat op grote schaal de distributie van decentraal opgewekte energie mogelijk maakt en een slim mobiliteitsnet, waarin autonome elektrische auto's en drones een centrale rol spelen, met name ook omdat ze als energieopslag kunnen functioneren.

Het eerste machinetijdperk verwijst naar de eerste en tweede industriële revolutie, het era waarin stoommachines, verbrandingsmotoren en elektrische machines de spierkracht van mensen en dieren over gingen nemen. Het tweede machinetijdperk is een ander woord voor de derde industriële revolutie, de huidige informatierevolutie.

3 Generieke technologieën

In de wetenschappelijke discussie over de economische invloed van technologie is de notie van generieke technologieën *(general purpose technologies)* in zwang (Bresnahan & Trajtenberg 1995). Het kan daarbij gaan om producten, maar ook om processen of organisatiestructuren. Lipsey et al. (2005) vonden voor de gehele geschiedenis van de mensheid 24 generieke technologieën. Het eerste machinetijdperk telt volgens Lipsey et al. (2005) negen generieke technologieën en het tweede machinetijdperk vijf: computer, lean production, internet, biotechnologie en nanotechnologie.

Tabel 1 Overzicht van samenhang tussen drie concepten die in deze studie centraal staan en die bruikbaar zijn om de historische invloed van technologische innovatie op de economie en samenleving te duiden.

Eerste en tweede machinetijdperk Brynjolfsson & McAfee (2014)	Eerste, tweede en derde industriële revoluties Rifkin (2011, 2014)*	Generieke technologieën Lipsey et al. (2005)
Eerste machinetijdperk: Machines die spierkracht leveren	Eerste industriële revolutie (1820-1870 / 19e eeuw): E: Kolen en stoom C: Stoomdrukpers M: Trein, spoorwegen	Fabrieksmatig werken en standaardisatie (late 18e eeuw); Stoommachine (18e eeuw); Spoorwegen (midden 19e eeuw); IJzeren schip (midden 19e eeuw)
	Tweede industriële revolutie (1870-1980 / 20e eeuw): E: Olie en centrale opwekking elektriciteit C: Telefoon, radio, tv M: Verbrandingsmotor en auto	Verbrandingsmotor (late 19e eeuw); Elektriciteit (late 19e eeuw); Auto (20e eeuw); Vliegtuig (20e eeuw); Massaproductie (20e eeuw)
Tweede machinetijdperk: Machines die denkkracht leveren	Derde industriële revolutie (1980-nu / 21e eeuw): E: Decentrale duurzame energie C: Internet of Things M: Slimme elektrische voertuigen	Computer (20e eeuw); Lean production (20e eeuw); Internet (20st eeuw); Biotechnologie (20e eeuw); Nanotechnologie (21e eeuw)

*E, C en D staan voor energie-, communicatie-, en mobiliteitsrevoluties.

4 Kondratievgolven, technologische revoluties en techno-economische paradigma's

Over de relatie tussen technologie en economie wordt ook vaak nagedacht in termen van zogenaamde Kondratievgolven. In de jaren twintig en dertig ontdekten de economen Nikolai Kondratiev en Joseph Schumpeter macro-economische cycli die zo om de vijftig jaar optraden. Aan de basis van die Kondratievgolven stond een cluster van technologische innovaties die leidden tot een technologische revolutie en nieuwe economische activiteiten. Op dit moment bouwt Carlota Perez (2002) samen met Christopher Freeman voort op dit gedachtengoed uit de jaren twintig en dertig van de economen Nikolai Kondratiev en Joseph Schumpeter. Men spreekt daarom ook wel van het Schumpeter-Freeman-Perez- paradigma (Freeman & Perez 1988).

Volgens Perez (2002) is een technologische revolutie een "krachtige en uiterst zichtbare groep van nieuwe en dynamische technologieën, producten en industrieën, die in staat is een omwenteling te veroorzaken van het gehele economische systeem en een langdurende toename van allerlei ontwikkelingen in gang zet" (Perez 2002, p. 8). Het kan gaan om nieuwe energiebronnen, materialen, producten, productie- of transportprocessen en infrastructuur. Perez laat de eerste technologische revolutie van het tweede machinetijdperk (zie Tabel 2) beginnen in 1771 in de Engelse plaats Cromford met de oprichting van de eerste wateraangedreven katoenspinnerij door Arkwright. De stoommachine en de spoorwegen zijn de iconen van de tweede technologische revolutie die plaatsvindt vanaf 1829. De derde technologische revolutie start in 1875 en is het tijdperk van staal, elektriciteit en zware machinebouw. Het vierde tijdperk draait om olie, auto's en massaproductie en begint in 1908, het moment waarop de eerste Model-T Ford van de lopende band rolt in Detroit. Perez (2002) laat het huidige tijdperk van informatie- en telecommunicatie beginnen in 1971 met de introductie van de Intel microprocessor. Daarmee begint dus in de termen van Brynjolfsson & McAfee (2014) het tweede machinetijdperk (zie Tabel 2).

Het interessante van Perez (2002) is dat zij de interactie tussen technologie, dat wil zeggen, de vijf technologische revoluties die ze onderscheidt – over een zeer lange periode op een systematische manier vanuit sociaal-constructivistisch perspectief heeft doordacht. Volgens haar maken technische innovaties nieuwe manieren van werken, organiseren en economie bedrijven mogelijk. De interactie tussen de technische en de sociaal-economische kant bepaalt de ware transformerende kracht van een technologische revolutie. Hand in hand met de technologie ontwikkelt zich volgens Perez (2002, p. 15) een nieuw 'techno-economisch paradigma'; nieuwe toonaangevende technologische en organisatorische praktijken die model komen te staan voor de meest effectieve manier waarop de economie kan worden gemoderniseerd. Centraal in het denken van Perez staat dat een dergelijke transitie vaak gepaard gaat met zware crises, van zware economische recessies tot oorlogen aan toe. Pas in de diepte

van zo'n crisis ontstaat volgens Perez het besef dat allerlei nieuwe sociale en institutionele structuren noodzakelijk zijn om de kosten en baten van de nieuwe technologische revolutie eerlijker te verdelen.

Tabel 2 Vijf technologische revoluties in het eerste en tweede machinetijdperk.

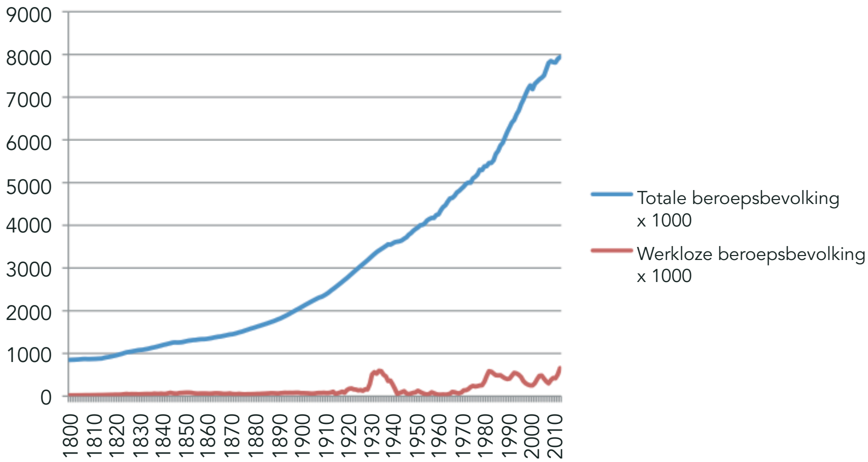
Brynjolfsson & McAfee (2014)	Perez (2002)
Eerste en tweede machinetijdperk	Vijf technologische revoluties vanaf start industriële revolutie
Eerste machinetijdperk: Machines die spierkracht leveren	I. Industriële revolutie (Start 1771 in GB)
	II. Tijdperk van stoom en spoorwegen (Start 1829 in GB dan naar rest Europa en VS)
	III. Tijdperk van staal, elektriciteit en zware machine-bouw (Start 1875, VS en Duitsland leidend)
	IV. Tijdperk van olie, auto's en massaproductie (Start 1908 in VS dan naar Europa)
Tweede machinetijdperk: Machines die denkkracht leveren	V. Tijdperk van informatie- en telecommunicatie (Start 1971 in VS dan naar Europa en Azië)

Rathenau Instituut

Bijlage 3 Ontwikkeling beroepsbevolking en arbeidsproductiviteit

Beroepsbevolking
De Nederlandse bevolking verachtvoudigde in de afgelopen twee eeuwen van 2,1 miljoen inwoners in 1805 tot 5,1 miljoen in 1900, 10 miljoen in 1950, 15,8 miljoen in 2000 en 16,8 miljoen in 2014. Zoals uit de onderstaande grafiek blijk is de bevolkingsgroei terug te vinden in de omvang van de beroepsbevolking, dat wil zeggen alle personen tussen 15 en 65 jaar die tenminste 12 uur per week werken of op zoek zijn naar werk (CBS).

Figuur 1 Ontwikkeling Nederlandse beroepsbevolking 1800-2013 (x 1.000)

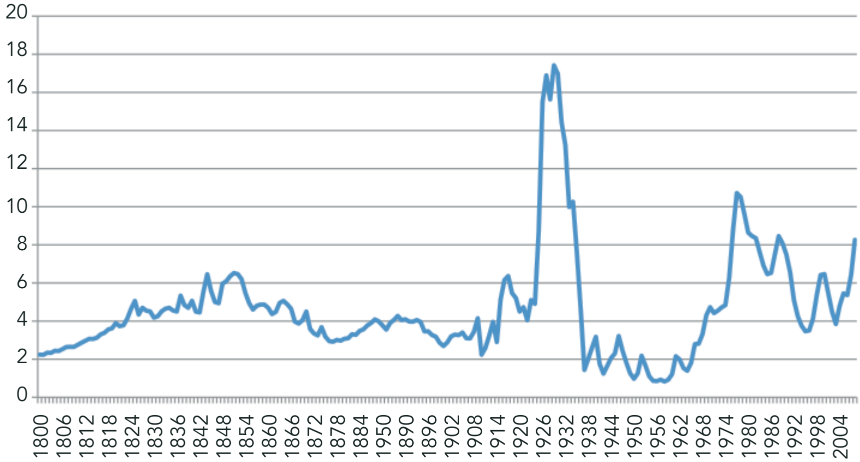


Bron: Centraal Bureau voor de Statistiek

Werkloosheid
In de ontwikkeling van de werkloosheid in Nederland vanaf 1800 (zie grafiek) vallen drie perioden van crisis op. De eerste is de periode 1845-1855, de tweede de jaren dertig van de twintigste eeuw en de derde de periode 1973-1985. Met name conjunctuurschommelingen speelden bij de verschillende crisissen een belangrijke rol. De open Nederlandse economie was hier gevoelig voor. Zo veroorzaakte in de jaren veertig van de negentiende eeuw de teruglopende handel op Java grote problemen bij bedrijven in de nijverheid, de textiel en de scheepsbouw. De landbouw werd in diezelfde periode geconfronteerd met teruglopende oogsten, onder andere door de aardappel-

ziekte (o.a. Lintsen 2005; Zanden & Riel 2000). De crisis van de jaren dertig van de twintigste eeuw werd in gang gezet door het ineenstorten van het internationale financiële systeem en het dramatisch terugvallen van de wereldhandel (o.a. Zanden & Griffiths 1989, p.129-165). In 1973 kwam er met de oliecrisis een zichtbaar eind aan een periode van stabiliteit en economische groei. Het vertrouwen in de economie nam af, aandelenkoersen daalden, de inflatie zette onverminderd door, bedrijven investeerden minder en de wereldhandel stagneerde. Dit had wederom grote gevolgen voor de Nederlandse economie (oa Zanden & Griffiths 1989, p.255-291).

Figuur 2 Werkloosheid in procenten van de beroeps van de beroepsbevolking



Bron: Centraal Bureau voor de Statistiek

Arbeidsproductiviteit

De arbeidsproductiviteit geeft de productie per werknemer aan en levert een eerste indicatie van het technisch niveau van een land, de welvaart en de concurrentiekracht. Nieuwe (productie)technieken bleken in de afgelopen eeuwen een grote invloed te hebben op de arbeidsproductiviteit.

Zo groeide de arbeidsproductiviteit in de Nederlandse industrie tussen 1860 en 1890 sterk. Dit werd mogelijk gemaakt door de toepassing van stoomtechniek in Nederland. De groei in de periode 1890-1913 kwam door de opkomst van het fabriekswezen en de introductie van de eerste gas- en elektromotoren in het kleinbedrijf. De doorbraak van elektriciteit als nieuwe sleuteltechniek stuwde de arbeidsproductiviteit omhoog in de jaren 1913-1938. De Tweede Wereldoorlog en de loonmatiging direct na de oorlog zorgden voor een teruglopende arbeidsproductiviteit. Door de relatief lage loonkosten was het voor ondernemers in de jaren van de wederopbouw niet interessant om te

investeren in nieuwe arbeidsbesparende technieken. Vanaf 1950 trad weer een sterke groei op door schaalvergroting in de industrie, de ontwikkeling van nieuwe productielijnen en een almaar bredere inzet van de elektromotor (Lintsen (2005) p.147-151).

Tabel 1 De gemiddelde groei van de arbeidsproductiviteit in de Nederlandse industrie (in procenten)

Periode	Gemiddelde groei arbeidsproductiviteit per jaar in procenten
1807-1830	0.2
1830-1842	0.7
1842-1860	-0.6
1860-1890	4.8
1890-1913	1.3
1913-1921	2.3
1921-1929	3.3
1929-1938	2.3
1938-1950	-0.6
1950-1965	5.0

Bron: J.P. Smits, 'The determinants of productivity growth in Dutch manufacturing, 1800-1913' (Paper presented at the workshop National Account, Utrecht 1992) en H.J. de Jong, De Nederlandse Industrie 1913-1965. Een vergelijkende analyse op basis van de productiestatistieken (proefschrift Groningen 1999), p.60.

Bijlage 4
Productiviteit nader verklaard

Het begrip productiviteit beschrijft de relatie tussen productie (output) en de middelen (inputs) die daarvoor nodig zijn. Productiviteitsgroei betekent dat met dezelfde middelen meer geproduceerd wordt ten opzichte van een eerdere periode. Productiviteitsontwikkeling is daarmee een maatstaf voor economische groei en tegelijk ook voor de efficiëntie van productie. Een veelgebruikte en relatief eenvoudig te berekenen maatstaf is *arbeidsproductiviteit* die de relatie weergeeft tussen het productievolume en de hoeveelheid aangewende arbeid (doorgaans weergegeven als het BBP gedeeld door het aantal gewerkte uren, per werkende, of per hoofd).

Het arbeidsproductiviteitsbegrip rekent de groei in de productie gemakshalve toe aan de factor arbeid, maar laat de vraag naar de onderliggende factoren onbeantwoord. Naast de (productie)factor arbeid dragen ook andere factoren bij aan groei, waaronder kapitaalgoederen en overige inputs (materialen, grondstoffen), maar ook veranderingen in technologie. Arbeidsproductiviteitsgroei als maatstaf kan een zeer misleidend beeld geven, aangezien er geen onderscheid wordt gemaakt naar de bijdragen van deze onderliggende factoren. Opsplitsing naar de verschillende componenten geeft de mogelijkheid de achterliggende *drivers* te benoemen en een verklaring te geven van de onderliggende werkelijkheid.

Een belangrijk begrip in dit verband is totale factorproductiviteit (TFP), ook wel aangeduid als multifactorproductiviteit (MFP). Een hogere MFP geeft de verbetering weer van de algehele efficiëntie waarin arbeid, kapitaal en andere inputs worden gecombineerd. MFP-groei wordt in de praktijk gemeten als residuele groei, als dat deel van de BBP-groei dat niet kan worden verklaard door de groei en samenstelling van arbeid of kapitaal. MFP omvat met name de zgn. *disembodied technological change*, ofwel de impact van *intangibles* als R&D, kennis en organisatie op de groei van de productie.[106] *Embodied technological change* in de vorm van technologische verbetering en vernieuwing in kapitaalgoederen zien we terug in de factor kapitaal (kapitaalverdieping), met inbegrip van ICT. Voor de factor arbeid geldt iets soortgelijks als het gaat om veranderingen in opleidingsgraad of skillsintensiteit, ook wel samengevat onder de noemer kwaliteit of arbeidssamenstelling *(labour composition)*.

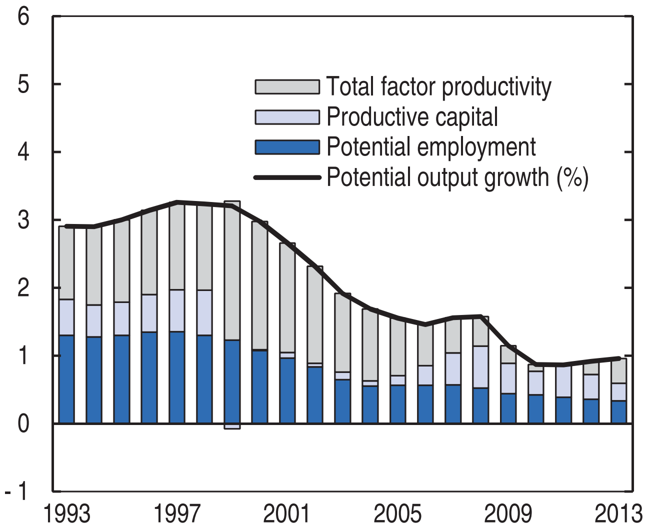
---

106 Intangibles worden in de nieuwe empirische groeiliteratuur echter ook steeds meer als een aparte vorm van kapitaal gezien waarin bedrijven investeren. Intangibles omvatten naast R&D en artistieke en productdesigns (innovative property), ook computerised information (waaronder software) en marketing, branding en strategische bedrijfsresources (economic competencies). Zie ook Corrado & Hulten 2010; Van Ark et al. 2009.

Bijlage 5
Verschil tussen economische groeipotentie en economische groei

De meest recente analyse van het CPB rekent met een arbeidsproductiviteitsgroei van 1,1 procent dit jaar en 1,3 procent in 2016 (zie CBP 2015). De groei komt daarmee lager uit dan in 2014 (1,5 procent), maar is aanmerkelijk hoger dan in 2013 (0,4 procent). De CPB-cijfers passen in het algemene en langere termijnbeeld van de Nederlandse economie. Daarbij moet bovendien worden aangetekend dat de groeipotentie van onze economie, gemeten in termen van potentiële output, ook wel aangeduid als trendoutput, de benchmark voor wat een economie *kan* produceren, fors is afgenomen.[107] De OESO (2014c) constateert voor Nederland over de periode sinds 1993 een afnemende *potentiële* outputgroei die de laatste jaren tendeert naar 1 procent op jaarbasis (zie Figuur 1).

Figuur 1 Decompositie potentiële outputgroei, naar determinanten (procentpunten).



Bron: OESO 2014.

107 Het begrip potentieel BBP dat door de OESO gehanteerd wordt, is gedefinieerd als het outputniveau dat een economie kan produceren tegen een constant inflatieniveau. Hoewel een economie tijdelijk meer kan produceren dan het potentiële outputniveau, gaat dit ten koste van een stijgend inflatieniveau.

Diezelfde OESO constateert een afzwakkende MFP-groei vanaf eind jaren negentig, een groei die de laatste jaren zelfs naar nul tendeert. Let wel: de *potentiële* outputgroei is niet gelijk aan de feitelijk gerealiseerde groei (die vooral de afgelopen jaren nog aanmerkelijk lager lag), maar geeft de mogelijke groeiruimte weer. Het verschil tussen beide wordt aangeduid als de *output gap*. Al met al betekent dit dat de groei van ons verdienvermogen fors is teruggelopen in het laatste decennium, van 3 procent op jaarbasis tot krap 1 procent.

Bijlage 6
Analyse van beleidsopties en thema's op basis van media-artikelen

Naar aanleiding van wetenschappelijke publicaties, rapporten en minister Asscher die aandacht vroeg voor discussie over robotisering en werkgelegenheid, is dit onderwerp het afgelopen jaar ook veelvuldig in de media aan bod gekomen. Dit vormde de aanleiding om te onderzoeken welke beleidsopties in de media worden aangedragen waarmee ingespeeld kan worden op de effecten van ICT-ontwikkelingen op de werkgelegenheid. Daarnaast hebben wij onderzocht in hoeverre inzichten die op basis van de analyse van beleidsopties naar voren zijn gekomen, al onderdeel zijn van het publieke debat in de media-artikelen. Hiervoor hebben wij een thematische analyse uitgevoerd.

Aanpak analyse beleidsopties

Er is gekozen om te kijken naar geschreven artikelen in media zoals nationale en internationale dagbladen en week- en maandbladen, omdat deze goed zijn gedocumenteerd (zie Tabel 1 voor een overzicht van geraadpleegde media). Zo zijn de Nederlandstalige artikelen verkregen via de Krantenbank LexisNexis database. Via deze database is gezocht met combinaties van de volgende zoektermen: robots, robotisering, arbeid, banen, werk, werkeenheid. Dit leverde een lijst aan artikelen, variërend van opinieartikelen tot overzichtsartikelen tot interviews. Deze lijst is vervolgens aangevuld met internationale artikelen uit bijvoorbeeld *The Economist*, *The Guardian* of *The Wall Street Journal*. Op basis van de zoekcriteria zijn er in totaal 82 artikelen geselecteerd die zijn verschenen in de periode januari 2014 tot maart 2015. Per artikel is vervolgens gekeken of de artikelen over de relatie tussen robotisering en werkgelegenheid ging (artikelen kunnen bijvoorbeeld ook alleen gaan over robottechnologie en niet uitweiden over het effect hiervan op banen), hoe er over deze relatie werd geschreven (leidt tot banen of neemt banen over) en of daarin ook beleidsopties werden genoemd. Van de 57 artikelen die gaan over de relatie tussen robotisering en werkgelegenheid, komen er in 22 artikelen ook beleidsopties aan bod. Dit levert een lijst op van een aantal beleidsopties.

Tabel 1 Geraadpleegde media.

Nationale dagbladen	**Internationale dagbladen**
de Volkskrant	*The New York Times*
NRC Handelsblad	*The Guardian*
NRC Next	*Financial Times*
Trouw	*Telegraph*
Telegraaf	*The Wall Street Journal*
Algemeen Dagblad	*De Standaard*
Financieel Dagblad	*De Morgen*
Week- en maandbladen	**Regionale dagbladen**
Elsevier	*Eindhovens Dagblad*
De Groene Amsterdammer	*BN De Stem / de Stentor*
The Economist	*De Twentsche Courant Tubantia*
Vrij Nederland	*Reformatorisch Dagblad*
Knack Magazine	*Dagblad van het Noorden*
Weblogs	*De Gooi- en Eemlander*
Slate	*Dagblad de Limburger*
Motherboard	*Haarlems Dagblad*
Huffington Post	

Rathenau Instituut

Resultaat
Tabel 2 geeft een overzicht van de beleidsopties die in de media worden genoemd. De manier waarop deze aan bod komen, verschilt per artikel. Dit varieert van korte opsommingen van wat er gedaan moet worden tot meer uitvoerige onderbouwingen. In de tabel staat in welke artikelen de beleidsoptie is genoemd. De afzender kan variëren van wetenschappers (op basis van wetenschappelijke studies) tot economen tot politici tot ondernemers tot journalisten.

In verschillende artikelen wordt vanuit verschillende perspectieven geschreven over hoe ingespeeld kan worden op baanverlies als gevolg van technologische ontwikkelingen. In verschillende artikelen wordt hiervoor een rol toegeschreven aan overheid, politiek en de maatschappij: er moet meer initiatief genomen worden om baanverlies tegen te gaan, banen te creëren en te behouden. De beleidsopties die hiervoor worden aangedragen, zijn grofweg in te delen in de volgende clusters: bedrijvigheid & innovatie, onderwijs & vaardigheden en arbeidsmarkt & welvaart.

Bedrijvigheid & innovatie
In verschillende artikelen worden processen van automatisering of robotisering als kans omschreven. Robotisering kan leiden tot verlies van arbeidsplaatsen

als computers of robots taken overnemen en daarmee werknemers overbodig maken. Robotisering draagt echter ook bij aan efficiëntere bedrijfsprocessen die de concurrentiepositie ten opzichte van buitenlandse bedrijven versterkt. Dit kan op termijn juist tot extra banen leiden.

Deze ontwikkeling moet daarom niet als bedreiging voor werkgelegenheid worden gezien. Door de geschiedenis heen heeft innovatie geleid tot meer bedrijvigheid en economische groei. Ondernemers/bedrijven die nieuwe producten, processen of diensten bedenken, creëren daarmee nieuwe sectoren die vragen om nieuwe vaardigheden. Dit zorgt voor nieuwe arbeidsplaatsen en werkgelegenheid. Het is aan beleidsmakers om deze innovaties en dit ondernemerschap te stimuleren.

Onderwijs & vaardigheden

De achterliggende gedachte bij een aantal beleidsopties is dat het onderwijssysteem aan vernieuwing toe is. Investeren in onderwijs, scholing en omscholing worden daarom gezien als cruciale opties om in te spelen op de effecten van robotisering op de arbeidsmarkt. Verschillende beleidsopties komen in de artikelen aan bod:

– Verlengen leerplicht: Het verlengen van de leerplicht zorgt ervoor dat mensen langer onderwijs genieten, wat zorgt voor een hogeropgeleide beroepsbevolking. Hoogopgeleide mensen zouden beter voorbereid zijn op de toekomstige arbeidsmarkt.

– Investeren in onderwijsmiddelen: Investeren in bepaalde vormen van onderwijs kan werknemers op een efficiënte manier (bij)scholen. Een voorbeeld is het goedkoop (of zelfs gratis) aanbieden van digitaal onderwijs.

– Leven lang leren: Scholing en omscholing. Een leven lang leren wordt vaak genoemd als noodzakelijk om voorbereid te zijn op de toekomstige arbeidsmarkt. Het gaat dan om het continu blijven ontwikkelen van kennis en vaardigheden. Werknemers moeten de mogelijkheid hebben om zich te allen tijde te kunnen bijscholen of omscholen. Hierin hebben zowel werknemers als werkgevers een verantwoordelijkheid.

– Aanleren van vaardigheden van de toekomst: Als het gaat om vaardigheden wordt veelal gesproken over het aanleren van 'skills for the future' – vaardigheden die benodigd zijn voor de banen van de toekomst. Onderscheid wordt gemaakt in vaardigheden die nodig zijn om de snelle technologische ontwikkelingen bij te benen, zoals bijvoor beeld digitale vaardigheden als programmeren, en sociaal/cognitieve vaardigheden die de robot nog niet eigen heeft gemaakt. Door het

ontwikkelen van sociaal/cognitieve vaardigheden hebben kunnen werknemers voordeel behalen ten opzichte van computers of robots. Voorbeelden hiervan zijn creativiteit, ondernemerschap en kritisch denken.

– Wegnemen regulering: In internationale media wordt het wegenemen van regulering genoemd om zo de productiviteit van *less-skilled workers* te verhogen. Dat kan bijvoorbeeld door het wegnemen van beroepslicenties.

Arbeidsmarkt & welvaart
Als de werkloosheid toeneemt als gevolg van technologische ontwikkelingen moet dit op de een of andere manier worden opgevangen. In de artikelen worden verschillende manieren voorgesteld die kunnen zorgen voor een herverdeling van werk en inkomen.

– Vangnet: In verschillende artikelen wordt gepleit voor een vangnet voor diegenen waarvan de banen op de tocht staat. Over hoe dit vangnet er uit moet zien verschillen de opties. Zo wordt de invoering van een gegarandeerd basisinkomen wordt veelvuldig besproken. Sommigen stellen zelfs dit met de komst van de robot onvermijdelijk is. Een andere optie is het verhogen van het minimuminkomen.

– Belastingherziening: Een herziening van het belastingsysteem wordt aangedragen als optie om mensen juist weer aan het werk te helpen. Door arbeid minder te belasten, en kapitaal juist meer, wordt het voor werkgevers aantrekkelijker om iemand in dienst te nemen.

– Minder werken: Een ander perspectief is dat van minder werk. In de huidige samenleving staat arbeid centraal. De overname van arbeidstaken door robotisering kan zorgen voor minder werk, iets wat positieve effecten heeft. Er wordt gepleit voor een kortere werkweek waardoor er meer vrije tijd ontstaat die nuttig besteed kan worden. Voorbeelden hiervan zijn het onderhouden van sociale contacten, (mantel)zorgen, zelfontplooiing en vrijwilligerswerk.

– Minder werken of het hanteren van een kortere werkweek kan ook zorgen voor baanbehoud. Werknemers delen het werk om zo ontslagen te voorkomen zoals de *Kurzarbeit* programma’s in Duitsland. De overheid springt vervolgens mij om inkomenstekorten aan te vullen.

– Arbeidsvoorwaarden herzien: In enkele artikelen komen de arbeids voorwaarden aan bod. Zo zouden cao-afspraken herzien kunnen worden en flexibelere arbeidsvoorwaarden ingevoerd kunnen worden ter bescherming van banen.

Tabel 2 Overzicht van beleidsopties

Beleidsoptie	**Rationale**	**In welke artikelen genoemd?**
Rol		
Reflectie nodig op deze ontwikkeling en actie nodig door overheidpolitiek	Baanverlies door technologie moet de maatschappij/overheid opvangen. De politiek moet meer initiatief nemen om werk te behouden en te creëren.	8, 28, 29, 39
Bedrijvigheid & innovatie		
Stimuleren van ondernemerschap	Ondernemers/bedrijven moeten gestimuleerd worden om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen wat vervolgens weer kan leiden tot nieuwe sectoren en industrieën. Deze nieuwe bedrijvigheid vergroot de vraag naar nieuwe vaardigheden en creëert arbeidsplaatsen. Toegenomen efficiëntie door robotisering zal tot extra arbeidsplaatsen leiden. Ook kunnen bedrijven hierdoor beter concurreren met het buitenland.	29, 62
Onderwijs & vaardigheden		
Verlengen van de leerplicht	Langer naar school	
Investeren in onderwijs	Bijvoorbeeld: goedkoop en online aanbieden van onderwijs	66, 68
Samenwerking tussen universiteiten	Het grensoverschrijdend bundelen van mankracht en middelen in de universiteiten	29
Werken aan *skills for the job of the future*.		25, 62, 78, 83
Het stimuleren en ontwikkelen van 'technische' vaardigheden	Het aanleren van vaardigheden die nodig zijn om technologische vooruitgang bij te benen. Zo kunnen 'technische' of specialistische vaardigheden helpen om in te spelen op technologische ontwikkelingen zoals programmeren of 3d-printen.	20, 83
Het stimuleren en ontwikkelen van sociale, creatieve en cognitieve vaardigheden	Focus onderwijs ook op vaardigheden die de robot (nog) niet heeft zoals kritisch nadenken of creativiteit	29, 35, 62, 78, 83
Omscholing faciliteren	Mensen in staat stellen om te scholen als hun baan wordt overgenomen door robots. Hierin kunnen bedrijven een verantwoordelijkheid hebben om aan te geven aan scholen wat de competenties van de toekomst zijn.	23, 28, 45, 72
Stimuleren van een leven lang leren	Werknemers moeten (de mogelijkheid hebben om) zichzelf te kunnen blijven ontwikkelen. Bedrijven hebben ook hier een verantwoordelijkheid.	29, 33

Beleidsoptie	Rationale	In welke artikelen genoemd?
Arbeidsmarkt & welvaart		
Herverdeling van werk en inkomen	Als maatschappij ervoor zorgen dat je een vangnet hebt (ook om zelf in te leveren en/of minder te werken)	5
Minder werken	Minder werken (een kortere werkweek) heeft voordelen. Zo ontstaat er meer vrije tijd die nuttig besteed kan worden (sociale contacten, zorg, zelfontplooiing, vrijwilligerswerk).	16, 33, 62
Werk delen	Werknemers krijgen een kortere werkweek in plaats van ontslagen. De overheid helpt vervolgens het inkomenstekort aan te vullen. (Een voorbeeld zijn de Kurzarbeitprogramma's in Duitsland.)	66
Belastingherziening	Belasting op vermogen, kapitaal, bedrijfswinst, consumptie, verspilling en vervuiling nemen de plaats in van belasting op arbeid. Hierdoor wordt arbeid goedkoper. Werknemers houden meer over en kunnen korter werken. Voor werkgevers wordt het voordeliger iemand in dienst te nemen.	16, 33
Basisinkomen (hier worden verschillende varianten besproken)	Het uitdelen van een gegarandeerd/ onvoorwaardelijk basisinkomen aan iedereen die werkloos wordt als gevolg van technologie (robots).	29, 33
Basisinkomen voor iedereen	Als het wenselijk is dat zo veel mogelijk mensen deelnemen aan de economie, is een basisinkomen onvermijdelijk. Overheden zouden een universeel basisinkomen kunnen verschaffen voor alle werkenden. In Zwitserland gaat dit mogelijk van start.	62, 64
Verhogen van het minimuminkomen	Kleine verhogingen van het minimuminkomen kan leiden tot productiviteitsverbeteringen. Dat kan vanwege twee redenen: de omzet per werknemer vermindert of ze zorgen ervoor dat bedrijven in de werknemers investeren of werknemers aanzetten tot harder werken. Het risico van stijgende lonen is dat simpel werk sneller geautomatiseerd wordt. Om dit tegen te gaan, zouden overheden loonsubsidies kunnen verschaffen.	62, 66
De productiviteit van *less-skilled workers* verhogen	Dat kan door bijvoorbeeld het wegnemen van regulering zoals *occupational licensing*.	66
Arbeidsvoorwaarden herzien	Cao-afspraken herzien en flexibele arbeidsvoorwaarden invoeren.	29, 33

Aanpak: thematische analyse
Op basis van de database van artikelen die gebruikt zijn voor de eerste analyse van beleidsopties zijn inzichten opgedaan over thema's die van belang zijn. Voor deze thema's is vervolgens gekeken in hoeverre die nu al onderdeel zijn van het publieke debat in de media. Het gaat hierbij om de thema's (zoals ook beschreven in Hoofdstuk 7.2): IT als banenmotor?, IT en samenleving en IT en de organisatie van arbeid.

De thematische analyse is uitgevoerd door in de database van 82 artikelen te zoeken naar onderwerpen die onder deze thema's vallen. Voor het thema IT als banenmotor? zijn deze onderwerpen baancreatie, baanverlies, technologische werkloosheid en kansen van robotisering. Voor het thema IT en samenleving is gezocht met zoektermen (of variaties hierop): ethische aspecten, kosten, baten, regelgeving. Voor het thema IT en de organisatie van arbeid is gezocht met de termen: organisatie van arbeid, globalisering, flexibilisering en platformen.

Resultaat
Van de 82 artikelen gaat iets meer dan de helft (44 artikelen) over de mogelijke directe effecten van robotisering/automatisering: het leidt tot baanverlies of baancreatie. Opgemerkt moet worden dat het niet onlogisch is dat de meerderheid van deze artikelen hierop ingaat, aangezien de artikelen geselecteerd zijn op de basis van het onderwerp: robots en arbeid (zie ook: aanpak analyse beleidsopties).

Van de 82 artikelen gaan er 8 Nederlandstalige artikelen in op IT en de samenleving. Ethische aspecten, de kosten van robotisering ten opzichte van baanbehoud en regelgeving komen hierin aan bod.

Van de 82 media-artikelen gaan er 7 Nederlandstalige artikelen in op IT en de organisatie van arbeid. Hierbij wordt vooral de link gelegd met globalisering en flexibilisering. Een enkele keer komt platformisering aan bod.

Over de auteurs

Prof. dr. Frans W.A. Brom is hoofd Technology Assessment, Rathenau Instituut en bijzonder hoogleraar Ethiek van Technology Assessment, Universiteit Utrecht. Hij is onder meer voorzitter van de Adviescommissie Wetenschappelijke Integriteit van Wageningen Universiteit en Researchcentrum en van de subcommissie Ethiek en Maatschappelijke Aspecten van de Commissie Genetische Modificatie. Zijn onderzoek richt zich op de betekenis van wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen voor de samenleving.

Dr. Ir. Rinie van Est is onderzoekcoördinator en trendcatcher bij de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut. Hij is natuurkundige en politicoloog en houdt zich bezig met de politiek van nieuwe technologieën: van nanotechnologie, robotica en persuasieve technologie tot klimaatengineering en energie. Hij heeft meer dan vijftien jaar ervaring met het opsporen van wetenschappelijke en technische trends en het ontwerpen en uitvoeren van studies en debatten over de maatschappelijke betekenis daarvan. Tevens doceert hij aan de subfaculteit Technische Innovatie Wetenschappen van de TU Eindhoven. Boeken waaraan hij heeft meegewerkt zijn Overal robots: Automatisering van de liefde tot de dood (2012) en Intieme technologie: De slag om ons lichaam en gedrag (2014). Binnenkort komt er een Engelstalig boek van hem uit bij de gerenommeerde Amerikaanse uitgeverij Routledge, getiteld Just ordinary robots: Automation from love to war.

Dr. Govert Gijsbers is als senior onderzoeker en projectleider verbonden aan de TNO expertisegroep Strategy and Policy. Hij houdt zich bezig met onderzoek- en innovatiebeleid. Gijsbers richt zich daarbij in het bijzonder op toekomstverkenningen, evaluatie en impact assessment in relatie tot specifieke technologieën, sectoren of maatschappelijke vragen. In recente projecten hield hij zich bezig met de impact van ICT op de industrie, op vragen rond technologie, skills en arbeidsmarkt, op de impact van technologie voor gezondheid en zorg, en op ontwikkelingen in de biotechnologiesector. Hij heeft leiding gegeven aan een groot aantal internationale projecten voor de Europese Commissie, voor de Nederlandse overheid en voor instellingen als de Asian Development Bank. Hij studeerde sociale geografie en regionale economie aan de Vrije Universiteit in Amsterdam en promoveerde aan de Erasmus Universiteit Rotterdam op een proefschrift over landbouwinnovatie in Azië.

Drs. Ira van Keulen is parlementair liaison en senior onderzoeker bij het Rathenau Instituut op de afdeling Technology Assessment. Als liason werkt ze aan een optimale verbinding tussen het werk van het instituut en Eerste en Tweede Kamer. Ze in 2013-2014 gedetacheerd geweest bij Bureau Onderzoek

en Rijksuitgaven (BOR) van de Tweede Kamer, o.a. als onderzoeker bij de tijdelijke commissie ICT-projecten bij de overheid. Verder werkt ze als onderzoeker op projecten naar de kansen en dilemma's van e-democratie en de maatschappelijke impact van de neurowetenschappen en mensverbetering. Ira studeerde Sociologie aan de Rijksuniversiteit Groningen en aan de City University of New York.

Drs. Linda Kool is senior onderzoeker bij het Rathenau Instituut op de afdeling Technology Assessment. Ze doet onderzoek naar verschillende maatschappelijke vraagstukken op het gebied van Informatie- en Communicatietechnologie (ICT), zoals Big Data, robotica, persuasieve technologie en privacy. Linda heeft verschillende nationale en internationale studies uitgevoerd voor het Europese Parlement, de Europese Commissie en Nederlandse ministeries. Linda studeerde Sociale Wetenschappelijke Informatica aan de Universiteit van Amsterdam en heeft een Master in European Studies of Society, Science and Technology (ESST) aan de Universiteit van Maastricht en Oslo.

Dr. Jan Korsten is sinds 1999 zakelijk directeur van de aan de Technische Universiteit Eindhoven gevestigde Stichting Historie der Techniek (SHT). Als historicus levert hij ook inhoudelijk een bijdrage aan de nationale en internationale onderzoeksprojecten die door de SHT worden geïnitieerd. Hij deed onder andere onderzoek naar research en development in de Nederlandse zuivelindustrie, naar de manier waarop de overheid organisatorisch en inhoudelijk grip probeerde te houden op de ontwikkeling van het platteland en naar de rol van de Kamers van Koophandel in de sociaal-economische ontwikkeling van Noord-Brabant. Een ander thema in het werk van Korsten is de geschiedenis van coöperaties en landbouworganisaties.

Prof. dr. ir. Harry Lintsen is emeritus hoogleraar techniekgeschiedenis aan de Technische Universiteit Eindhoven. Hij was hoofdredacteur van een zesdelige serie over de techniek in Nederland in de negentiende eeuw (TIN 19) en voorzitter van de redactie van een zevendelige serie over de techniek in Nederland in de twintigste eeuw (TIN 20). Op basis daarvan schreef hij Made in Holland. Een techniekgeschiedenis van Nederland [1800-2000] (Zutphen 2005). Momenteel coördineert hij een onderzoeksproject waarin vanuit een lange termijn perspectief wordt gekeken naar duurzaamheid in Nederland. Daarnaast is een belangrijk onderzoeksthema in zijn werk de ontwikkeling van kennisinfrastructuren in de 20e eeuw. Hij is lid van de KNAW en lid van het bestuur van het Rathenau Instituut.

Prof. dr. Johan Schot is directeur van SPRU (Science Policy Unit - University of Sussex) en hoogleraar History of Technology and Sustainability Transition Studies aan die universiteit. Hij werkte eerder als hoogleraar techniekgeschiedenis aan de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit Twente en als wetenschappelijk directeur van de Stichting Historie der Techniek.

Schot leidt momenteel het internationale onderzoeks- en publicatieprogramma Making Europe: Technology and Transformations 1850- 2000. Hij was eerder ook programmaleider van Techniek in Nederland in de 20e eeuw (TIN20). In 2002 kende NWO hem een Vici-beurs toe voor een project over de rol van transnationale infrastructuren binnen Europa. Hij is lid van de KNAW.

Ir. Arnoud van Waes werkt als onderzoeker bij de afdeling Technology Assessment van het Rathenau Instituut. Hier is hij betrokken bij projecten over grondstoffen, energie, duurzaamheid, en de berging van radioactief afval. Arnoud studeerde Innovation Sciences aan de Technische Universiteit in Eindhoven. Ook heeft hij een bachelor in de werktuigbouwkunde. Hij heeft zich gespecialiseerd in de energietransitie en voor zijn afstudeeronderzoek keek hij naar de maatschappelijke discussie over schaliegas. Tijdens zijn studie deed hij onder meer onderzoek in Nicaragua en aan de Aalborg University in Kopenhagen.

Dr. ir. Frans van der Zee is als senior strateeg en projectleider verbonden aan de expertisegroep Strategy and Policy van TNO in Delft en het Joint Institute for Innovation Policy (JIIP) in Brussel. In die rol richt hij zich vooral op de betekenis en impact van innovatie en technologie voor economie en samenleving, in toekomstverkenningen, evaluaties en adviezen over innovatiebeleid, in Nederland en in Europa. Hij leidde diverse projecten naar de rol en betekenis van ICT en technologie en was recentelijk betrokken bij toonaangevende studies naar Key Enabling Technologies (KETs) in Europa, Smart Industry in Nederland en open innovatie, waaronder een studie voor het Europees Parlement (te verschijnen). Daarnaast leidde hij de Europese Sectoral Innovation Watch, een negental toekomststudies in voorbereiding van het Europese flagship initiatief New Skills and New Jobs, en was als eindredacteur betrokken bij het Jaarboek ICT en Samenleving 2012. Hij studeerde economie aan Wageningen University en het Netwerk voor Kwantitatieve Economie (NAKE), promoveerde op de nieuwe politieke economie van het Europese landbouwbeleid en was daarna werkzaam als universitair docent (WUR, Erasmus Universiteit), senior econoom bij ECORYS en directeur SEOR-ESE.

Wie was Rathenau?

Het Rathenau Instituut is genoemd naar professor dr. G.W. Rathenau (1911-1989). Rathenau was achtereenvolgens hoogleraar experimentele natuurkunde in Amsterdam, directeur van het natuurkundig laboratorium van Philips in Eindhoven en lid van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. Hij kreeg landelijke bekendheid als voorzitter van de commissie die in 1978 de maatschappelijke gevolgen van de opkomst van micro-elektronica moest onderzoeken. Een van de aanbevelingen in het rapport was de wens te komen tot een systematische besturdering van de maatschappelijke betekenis van technologie. De activiteiten van Rathenau hebben ertoe bijgedragen dat in 1986 de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek (NOTA) werd opgericht. NOTA is op 2 juni 1994 omgedoopt in Rathenau Instituut.

Steeds vaker komen we in aanraking met robots en verregaande automatisering. Denk aan robotstofzuigers, zelfscankassa's of online tools waarmee je zelf juridische contracten kunt opstellen. De discussie over wat deze automatisering gaat betekenen voor toekomstige werkgelegenheid is inmiddels losgebarsten in de media, de wetenschap en de politiek. De een ziet kansen met nieuwe mogelijkheden voor meer comfort, gezondheid en economische groei. De ander maakt zich zorgen over de vraag of 'slimme technologie' banen gaat vervangen.

Over die laatste vraag gaat dit rapport. Wat betekent de inzet van slimme technologie voor de werkgelegenheid? Welke taken kan slimme technologie overnemen van de mens en waar vullen mens en machine elkaar aan? Hoe verandert de organisatie van arbeids- en productieprocessen en welke invloed heeft dat op automatisering van werk? Zijn bepaalde groepen op de arbeidsmarkt kwetsbaarder dan andere? Met welke beleidsmaatregelen kunnen we de kansen van automatisering benutten en negatieve effecten zoveel mogelijk voorkomen?

Het rapport *Werken aan de robotsamenleving* brengt in kaart, wat er in de wetenschap bekend is over de relatie technologie en werkgelegenheid. Het werpt een blik op de toekomst en geeft een beeld van de beleidsopties. Het rapport legt zo een gezamenlijke kennisbasis voor het maatschappelijke en politieke debat over de vraag, hoe Nederland ervoor kan zorgen dat we de robotsamenleving zo inrichten dat deze samenleving voor iedereen een aantrekkelijk perspectief is.

ISBN 978-90-77364-68-0